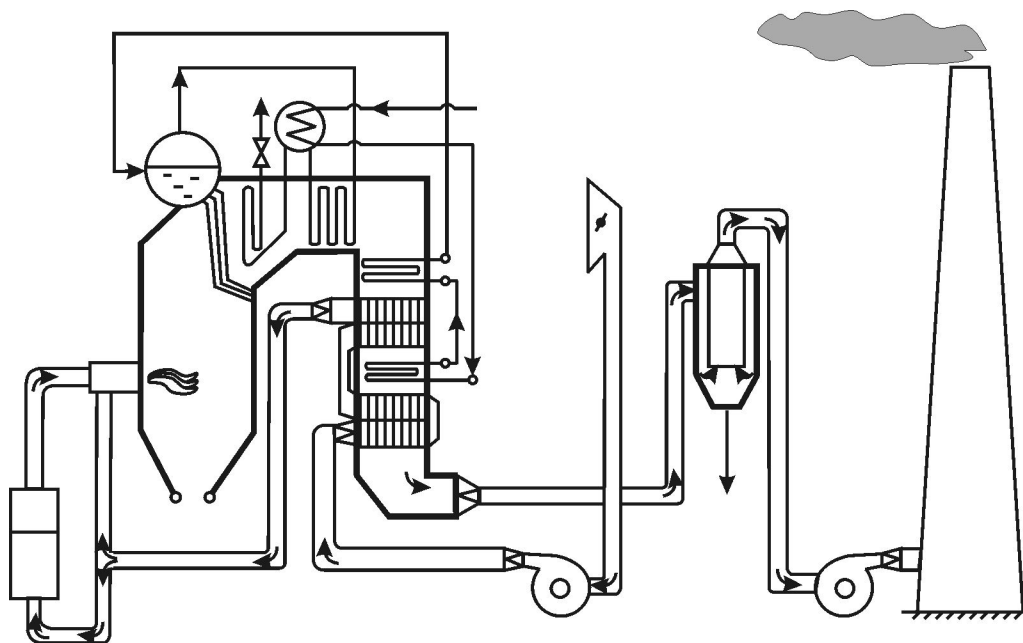


**Сморodin С.Н. , Иванов А.Н.
Белoусов В.Н., Лакoмкин В.Ю.**

ТЕПЛОВОЙ И АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТЫ КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Учебное пособие

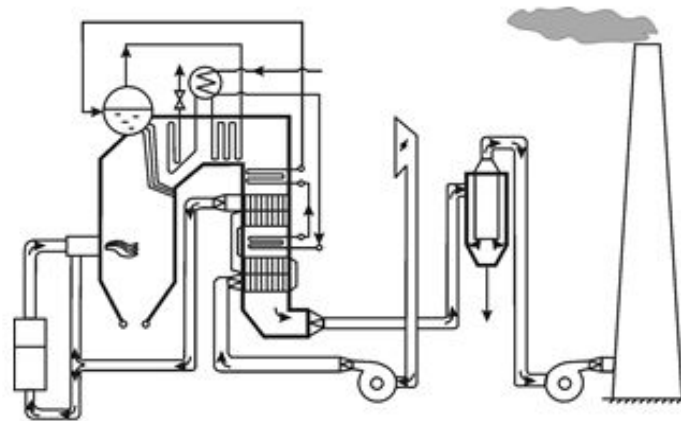


**Санкт-Петербург
2013**

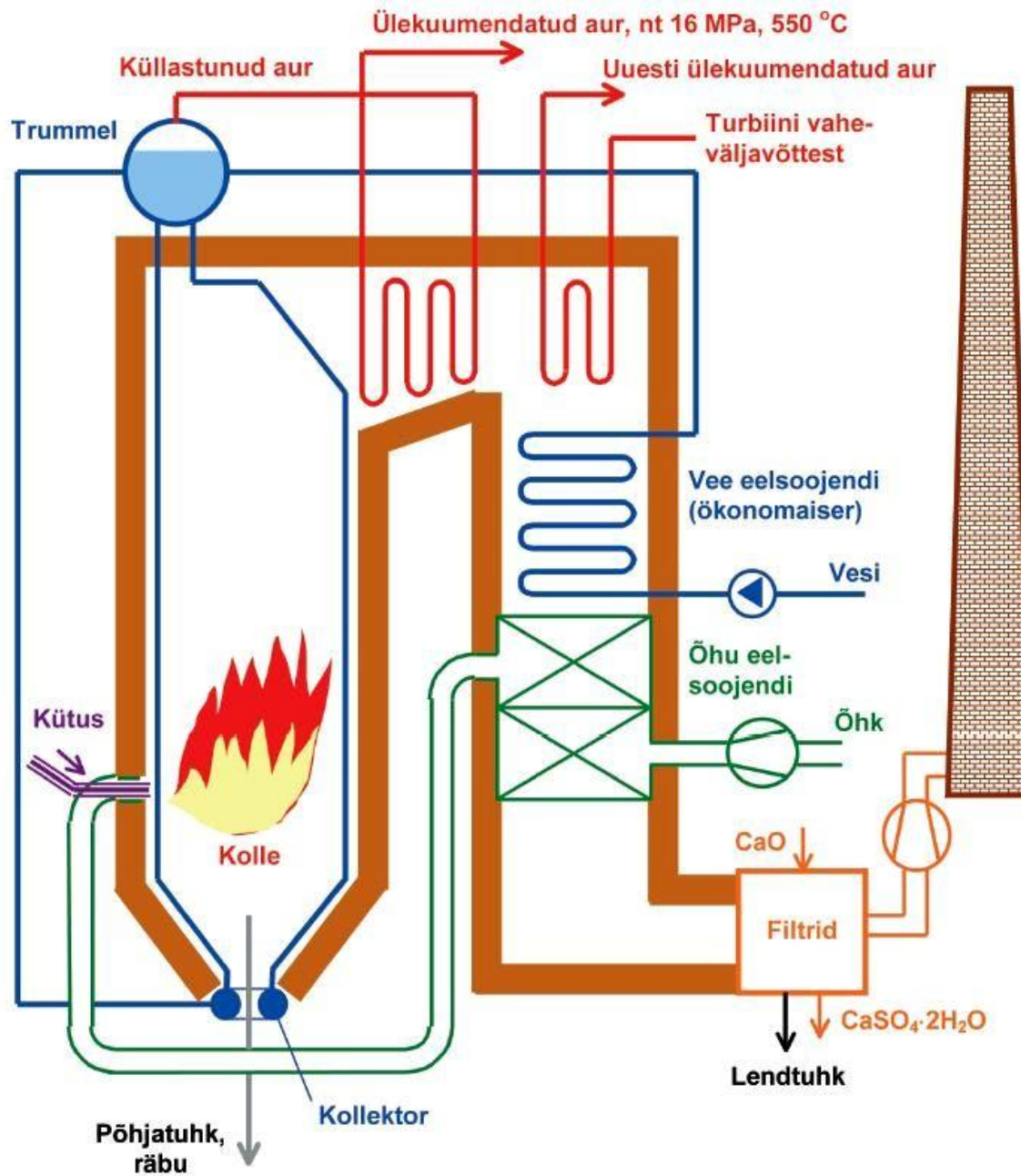
С.Н. Смородин, А.Н. Иванов, В.Н. Белоусов

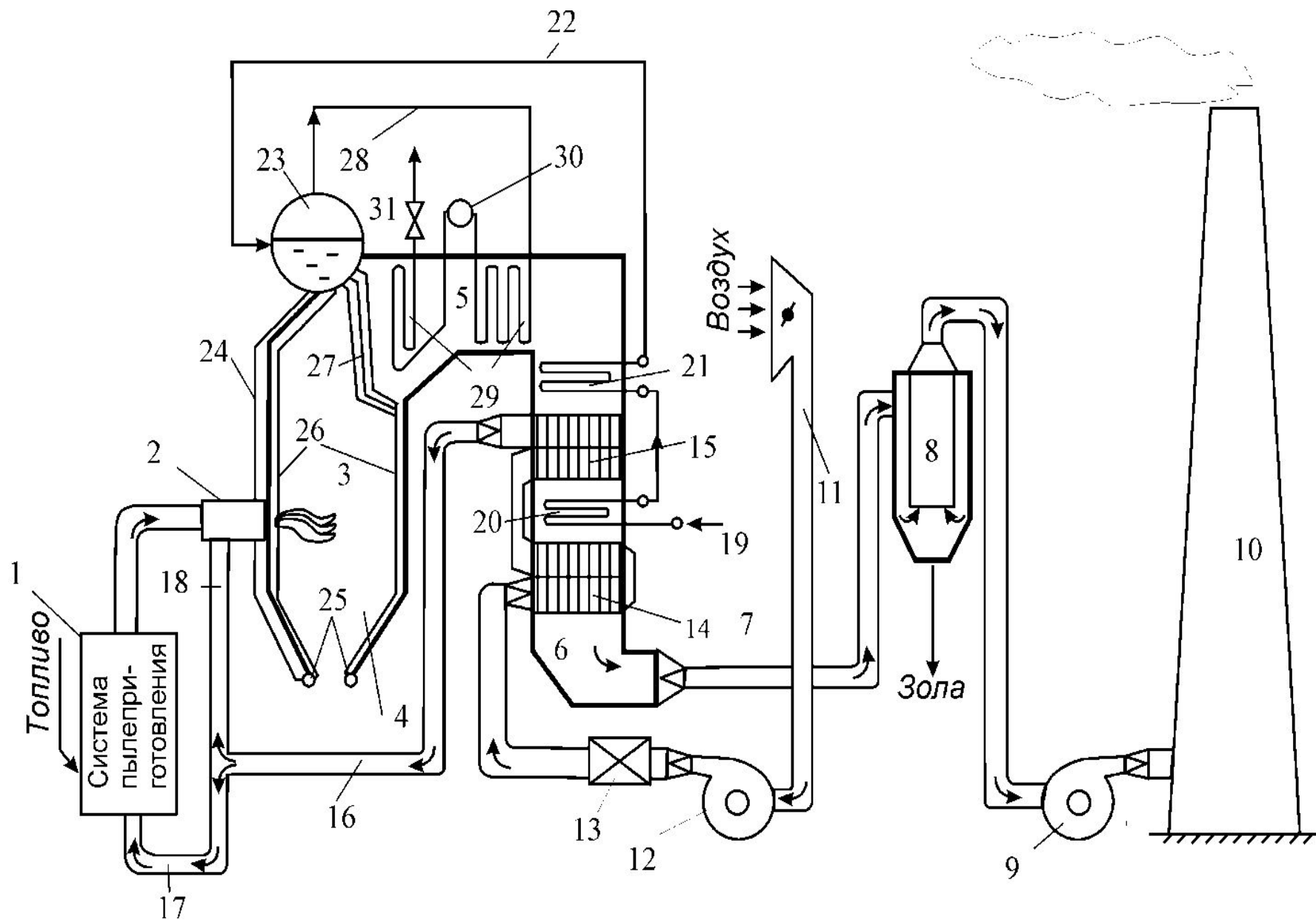
КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ

Учебное пособие



Санкт-Петербург
2009





Исходные данные для расчета:

Тип котла - барабанный, с естественной циркуляцией.

Паропроизводительность $D_{\text{пар}}$ кг/с.

Давление перегретого пара $P_{\text{пар}}$ бар.

Температура перегретого пара $t_{\text{пар}}$ °С.

Состав топлива:

- месторождение и марка топлива;
- влажность W_t^f %;
- зольность A^f , %;
- сера общая S^f %;
- углерод C^f , %;
- водород H^f , %;
- азот N^f , %;
- кислород O^f , %;
- низшая теплота сгорания Q_i^f , МДж/кг;
- приведенная влажность $W_{\text{пр}}^f$ (%·кг)/МДж;
- приведенная зольность $A_{\text{пр}}^f$ (%·кг)/МДж;
- выход летучих на горючую массу V^{daf} , %.

Способ сжигания топлива - камерный, с твердым шлакоудалением.

Температура питательной воды после регенеративного подогрева $t_{\text{ТВ}}$ °С.

Непрерывная продувка p , %.

Доля рециркуляции газов в топку - отсутствует.

Температура уходящих газов, $\Theta_{\text{ух}}$ °С.

Температура воздуха на входе в воздухоподогреватель $\Theta'_в$, °С.

Температура горячего воздуха после воздухоподогревателя $\Theta_{\text{ТВ}}$ °С.

Компоновка конвективных поверхностей нагрева выбирается: одноступенчатая или двухступенчатая.

Тип углеразмольной мельницы – молотковая.

Объемы продуктов сгорания по газоходам котлоагрегата

Наименование	Топка, фестон	ПП	2-й В.Э	2-й ВП	1-й В.Э	1-й ВП
$V_{\text{в}}^{\circ} =$, м ³ /кг; $V_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ} =$, м ³ /кг; $V_{\text{RO}_2} =$, м ³ /кг; $V_{\text{N}_2}^{\circ} =$, м ³ /кг; $V_{\text{r}}^{\circ} =$, м ³ /кг						
Коэффициент избытка воздуха за газоходом, α						
Среднее значение коэффициента избытка воздуха в газоходе, $\alpha_{\text{ср}}$						
Объем водяных паров в газоходе $V_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{O}}^{\circ} + 0,0161 (\alpha_{\text{ср}} - 1) V_{\text{в}}^{\circ}$, м ³ /кг						
Объем дымовых газов $V_{\text{r}} = V_{\text{r}}^{\circ} + 1,0161 (\alpha_{\text{ср}} - 1) V_{\text{в}}^{\circ}$, м ³ /кг						
Объемная доля трехатомных газов $\gamma_{\text{RO}_2} = \frac{V_{\text{RO}_2}}{V_{\text{r}}}$						
Объемная доля водяных паров $\gamma_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{r}}}$						
Объемная доля трехатомных газов и водяных паров $\gamma_{\text{п}} = \gamma_{\text{H}_2\text{O}} + \gamma_{\text{RO}_2}$						
Концентрация золовых частиц $\mu_{\text{зп}} = \frac{A^{\text{r}} \cdot a_{\text{ун}}}{100 \cdot G_{\text{r}}}$, где						
масса дымовых газов $G_{\text{r}} = 1 - \frac{A^{\text{r}}}{100} + 1,306 \cdot \alpha_{\text{ср}} \cdot V_{\text{в}}^{\circ}$, кг/кг						
$a_{\text{ун}} =$ (см. табл. 8 Приложения 1).						

Таблица 2

Энтальпии продуктов сгорания по газоходам котлоагрегата

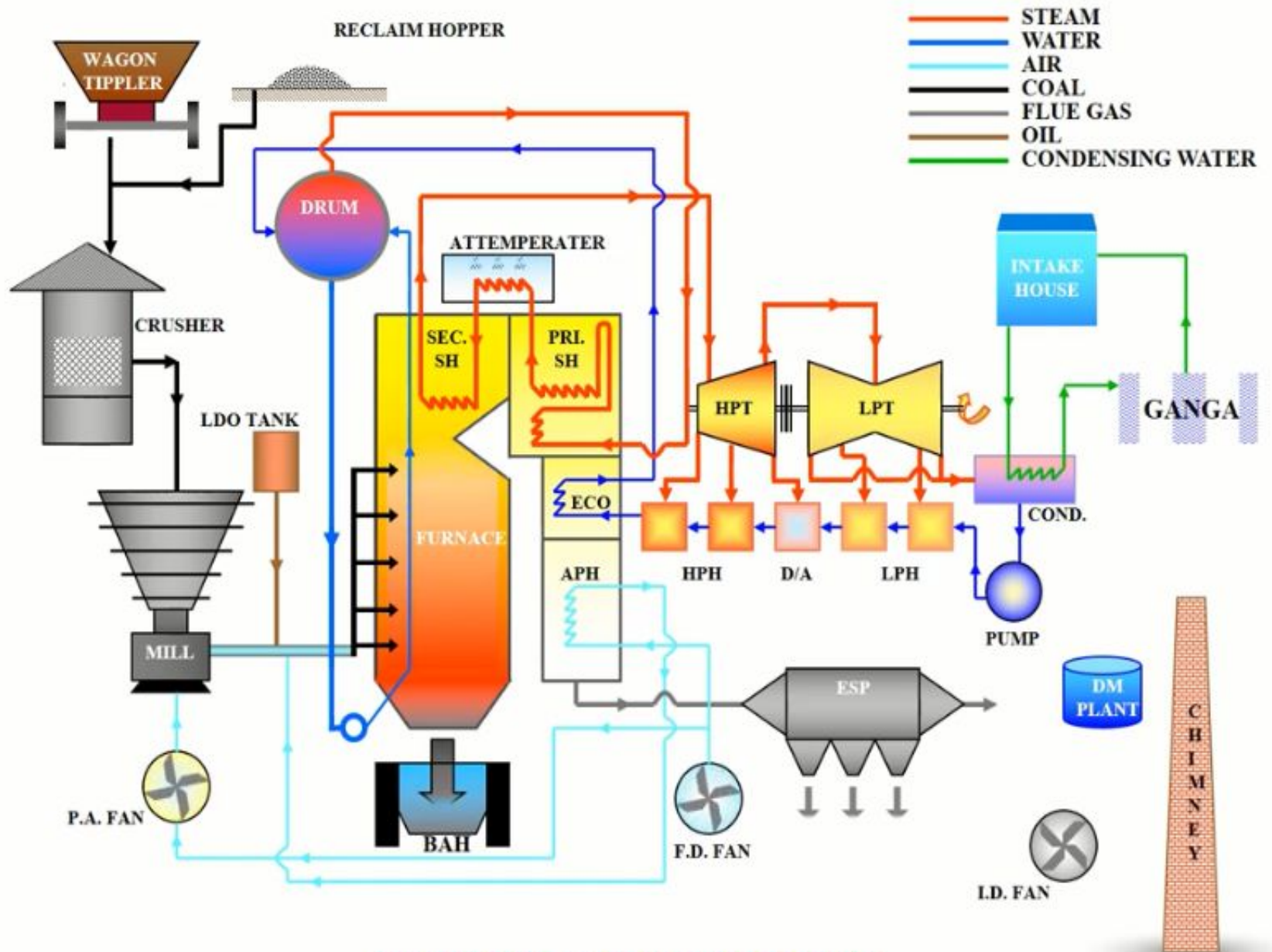
θ	I _г ⁰	I _в ⁰	I _г = I _г ⁰ + (α - 1) I _в ⁰ ; ΔI = I _(θ+100) - I _θ													
			топка		ПП		2-й В.Э		2-й ВП		1-й В.Э		1-й ВП			
			I	ΔI	I	ΔI	I	ΔI	I	ΔI	I	ΔI	I	ΔI		
100			x		x		x		x		x		x			
200			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
300			x	x	x	x										
400			x	x	x									x	x	
500			x	x							x	x	x	x	x	
600			x	x					x	x	x	x	x	x	x	
700			x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	
800							x	x	x	x	x	x	x	x	x	
900							x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1000							x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1100					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1200			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1300			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1400			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1500			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1600			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1700					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1800					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1900					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2000					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2100					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2200					x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

Примечание

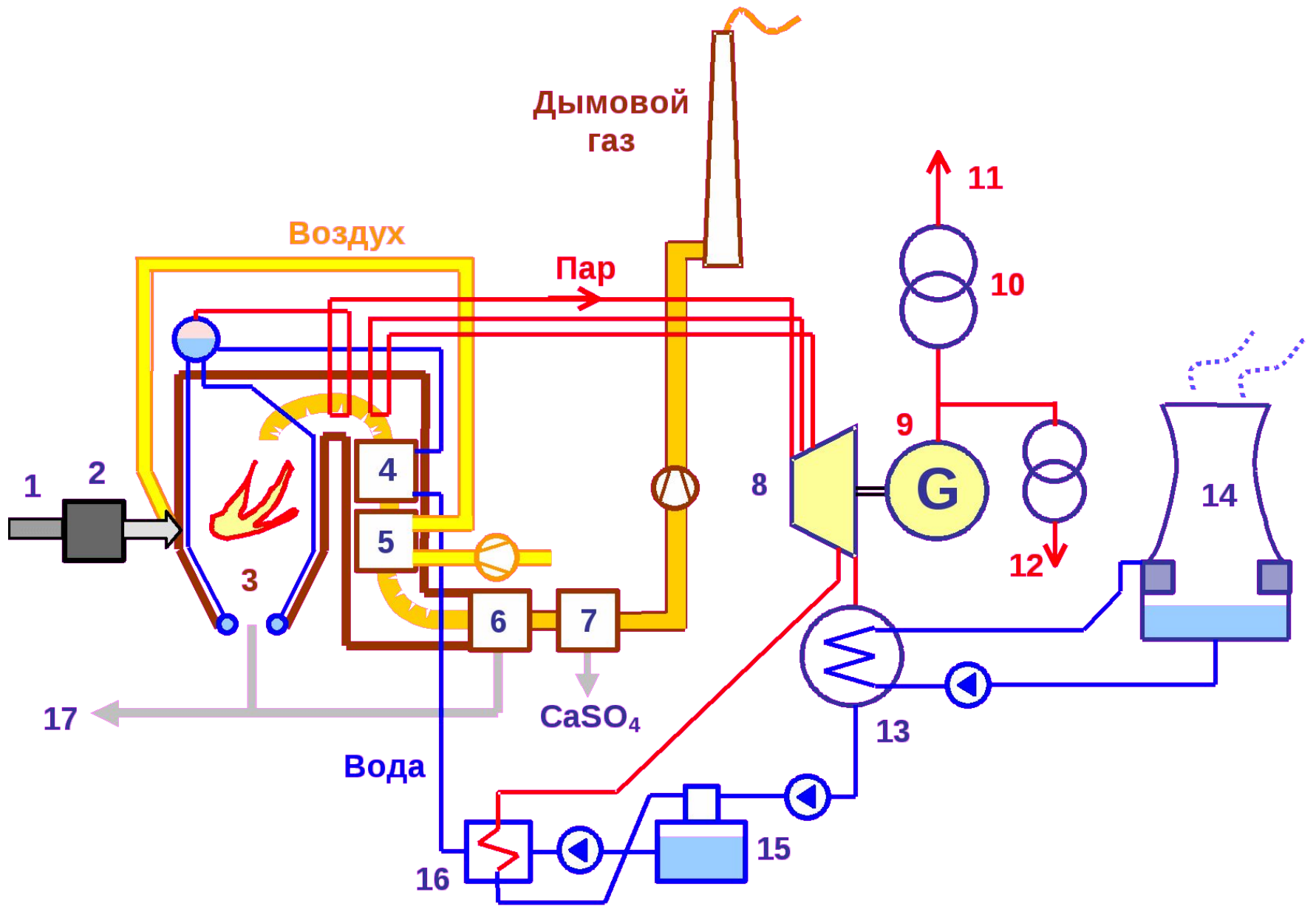
Определение энтальпии газов $I_{\theta} = I_{\theta_0} + \frac{\Delta I}{100} (\theta - \theta_0)_{\text{кДж/кг}}$;

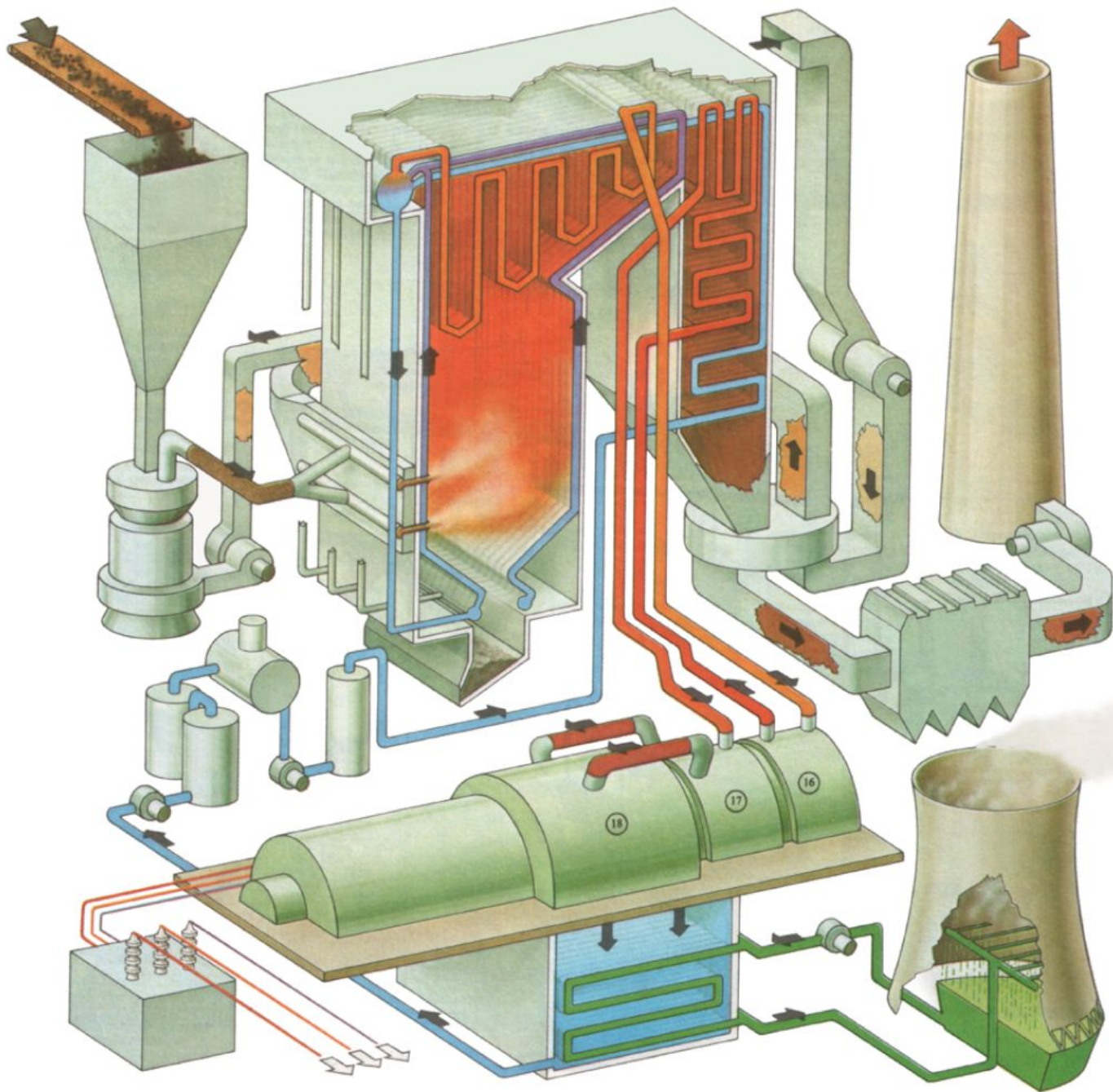
определение температуры газов $\theta = \frac{I_{\theta} - I_{\theta_0}}{\Delta I} \cdot 100 + \theta_{0, \text{кДж/кг}}$ °С,

где I_{θ} - энтальпия газов при температуре θ ; I_{θ_0} - энтальпия газов при температуре ближайшей меньшей по данной таблице; θ_0 - ближайшее меньшее значение температуры газов.

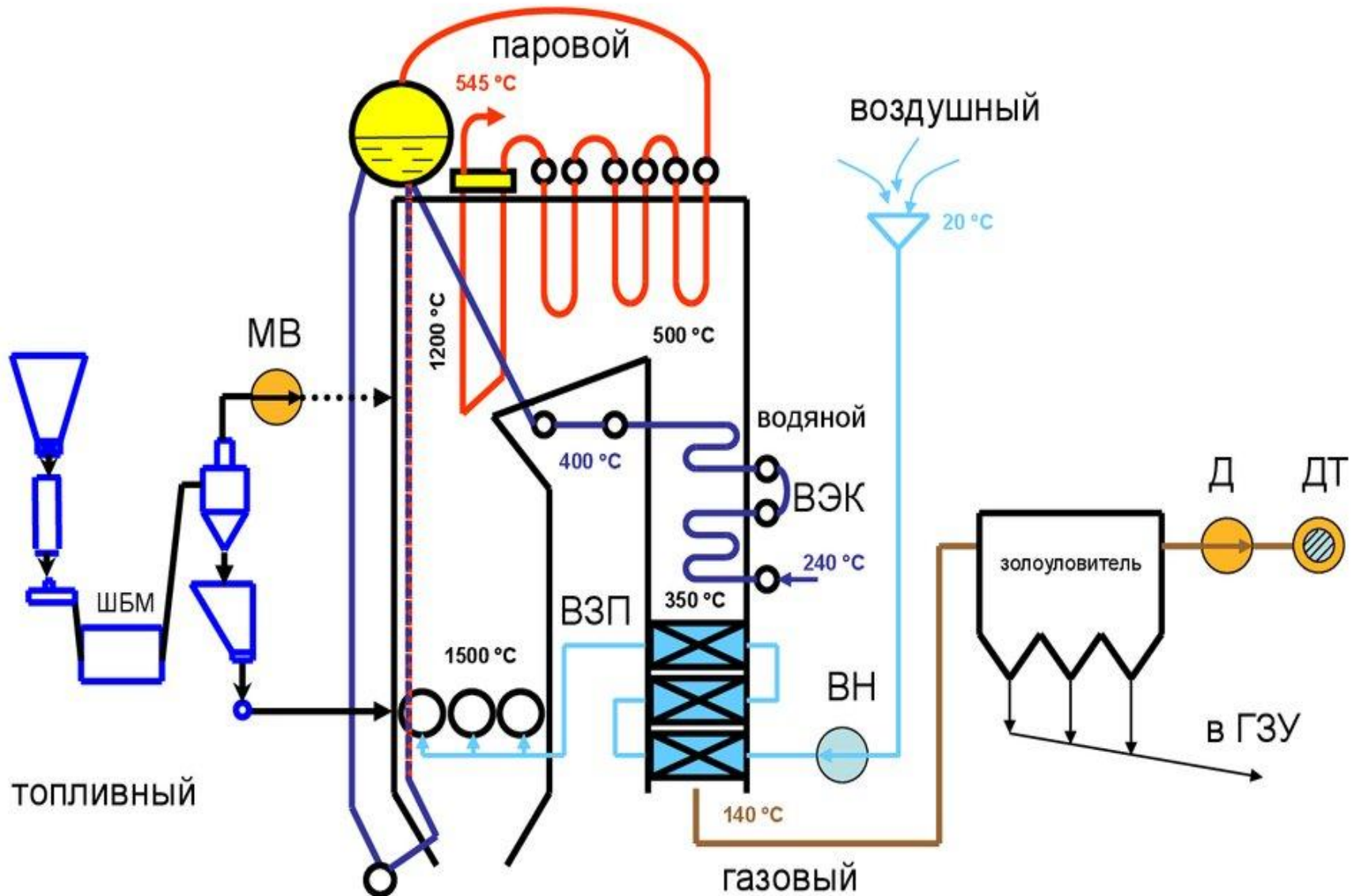


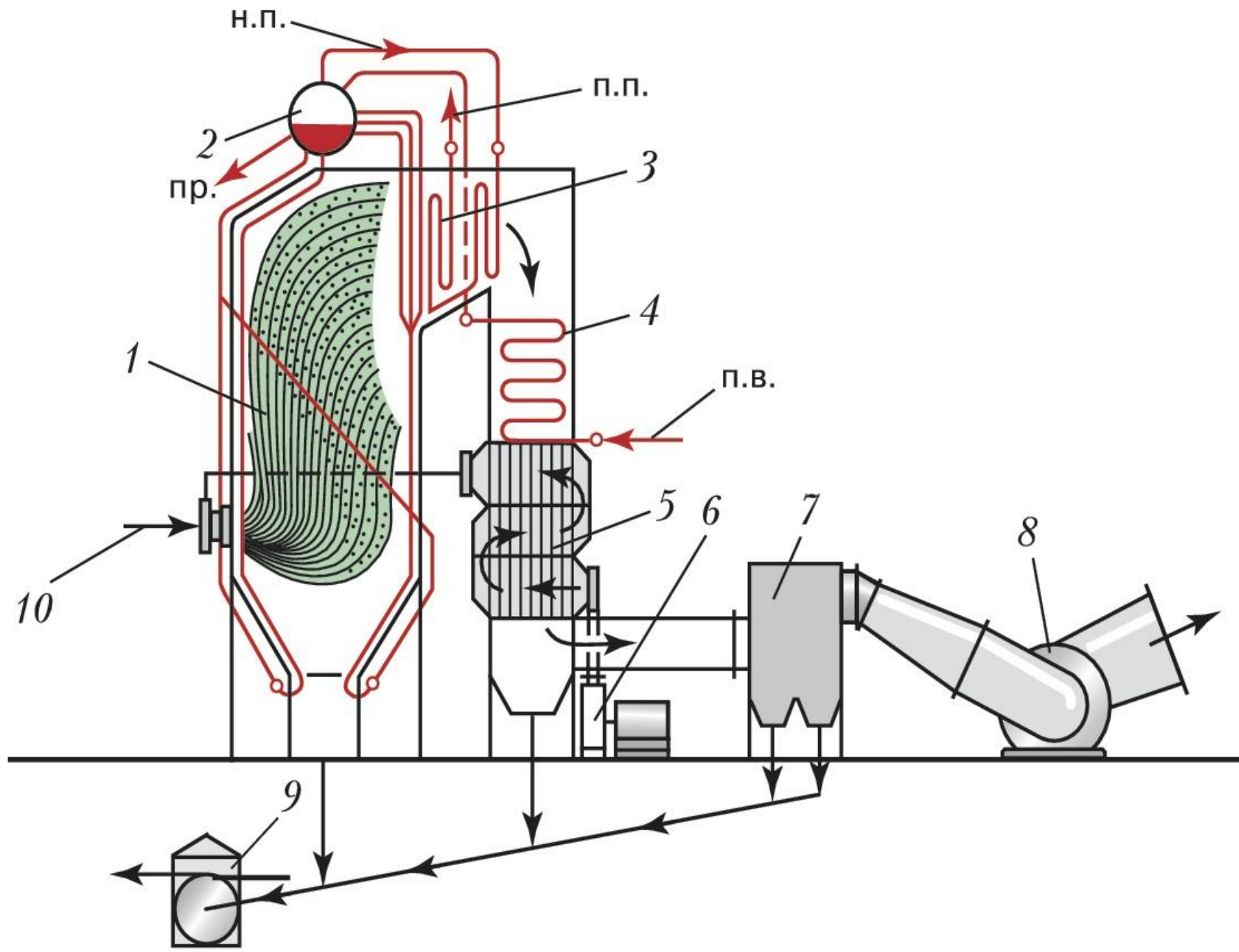
FROM COAL TO ELECTRICITY

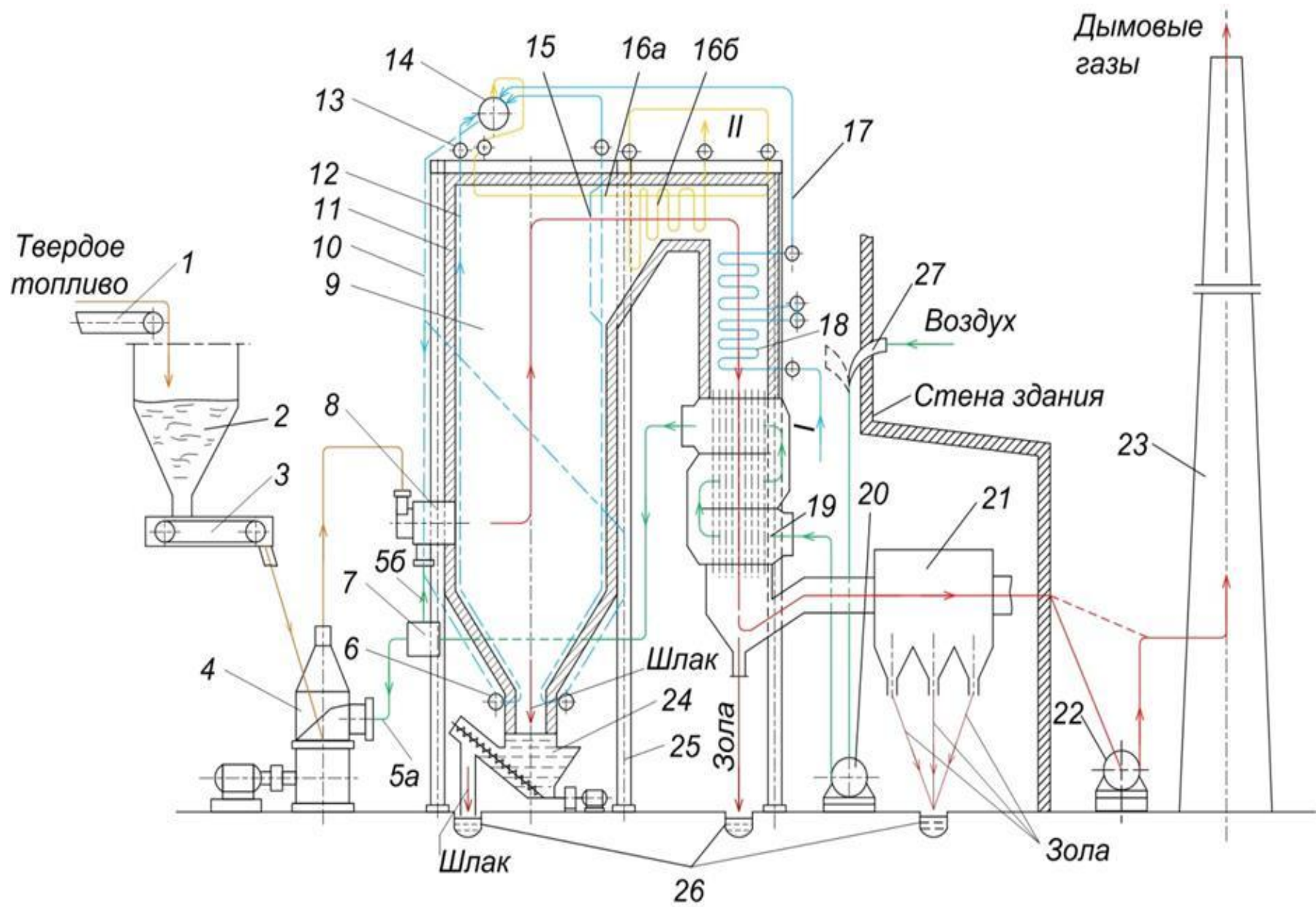


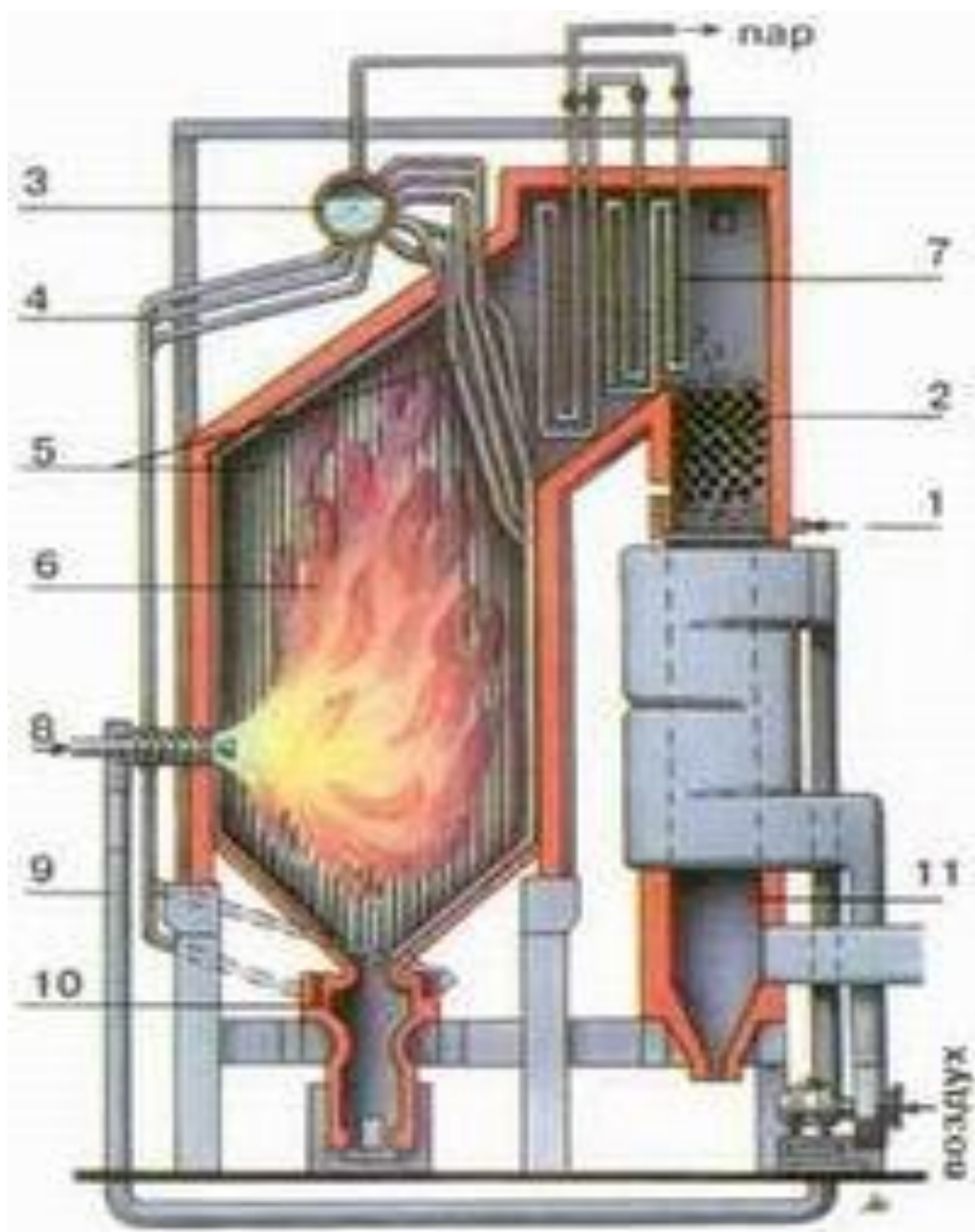


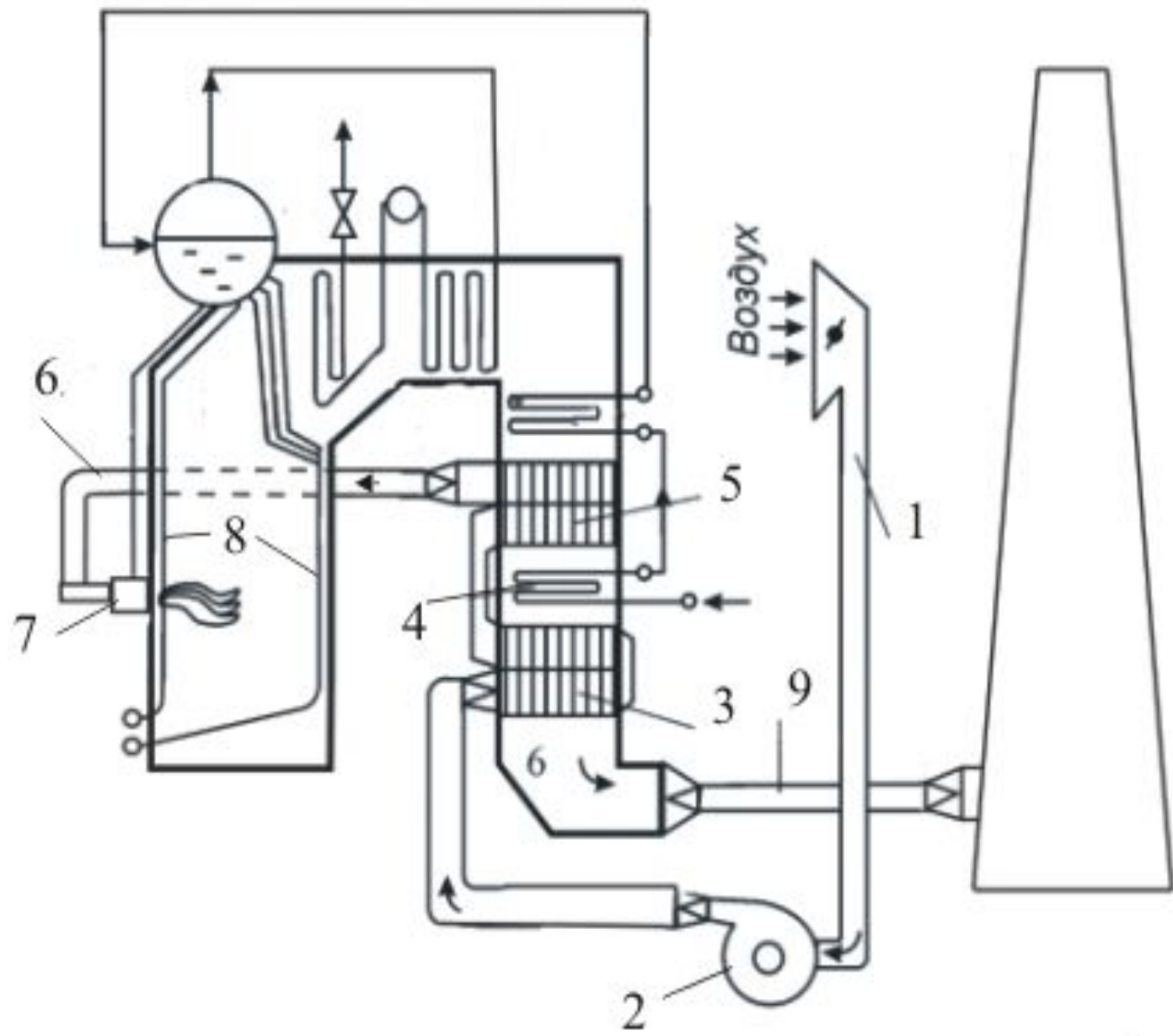
Тракты котла

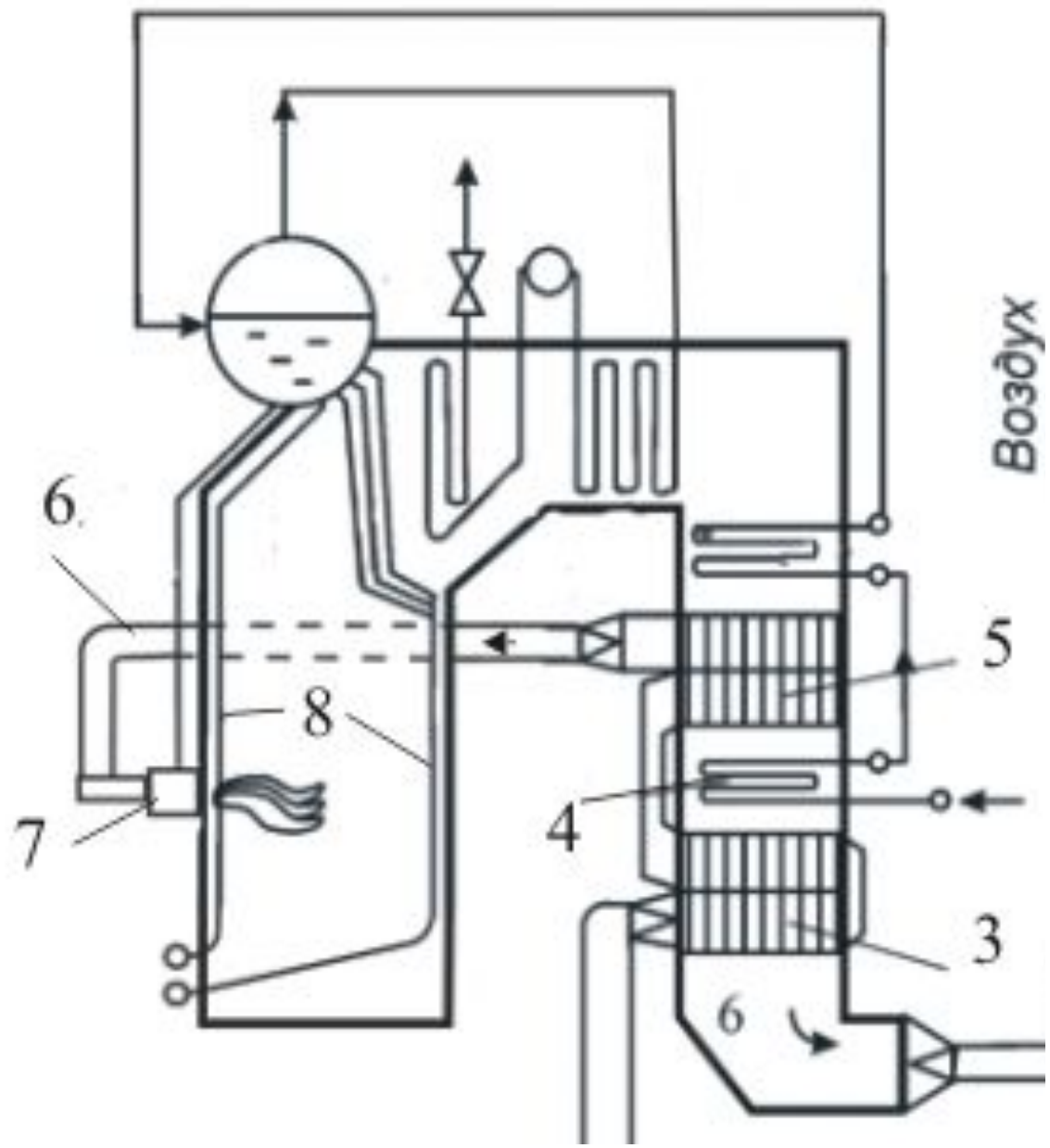


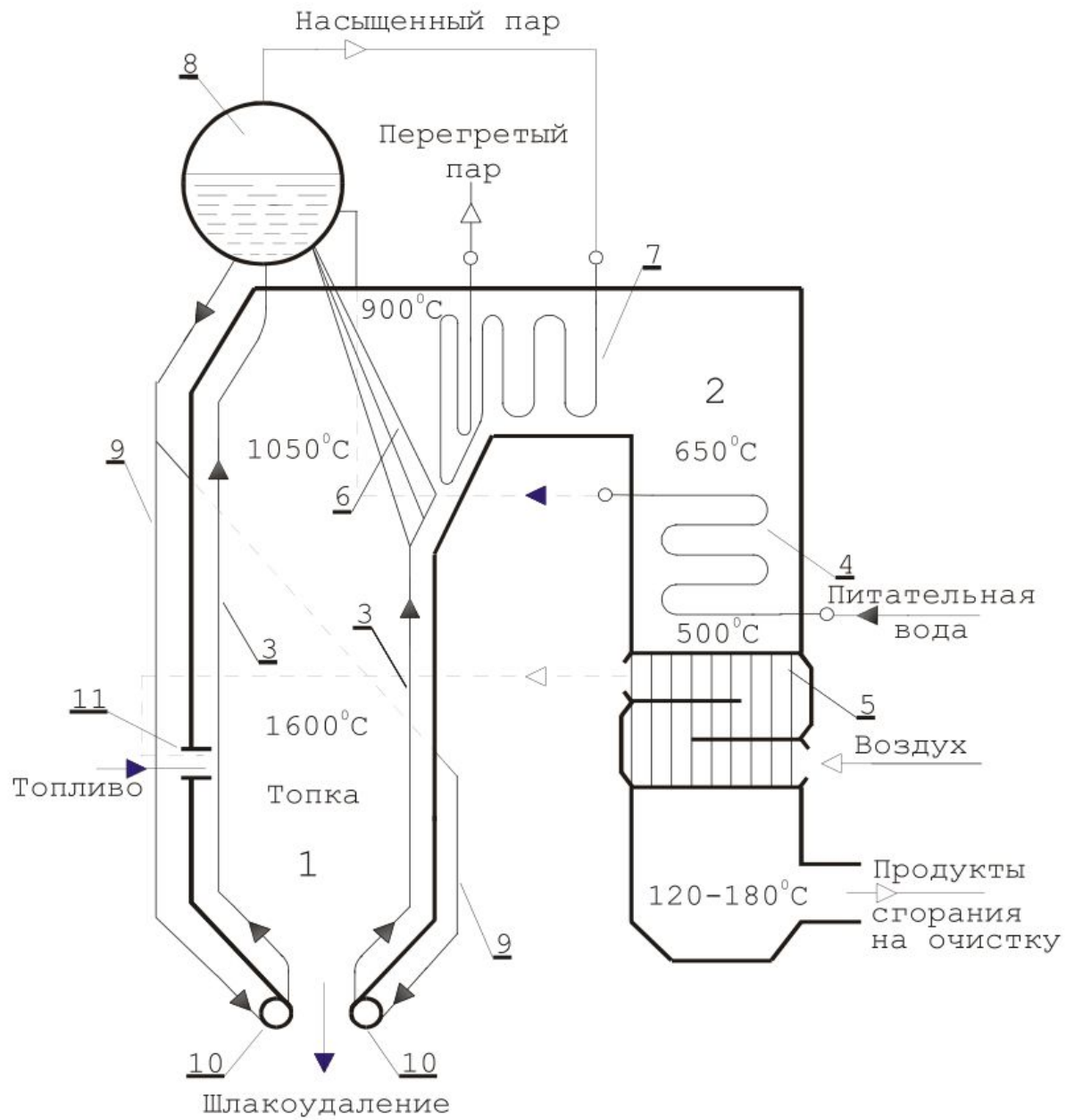


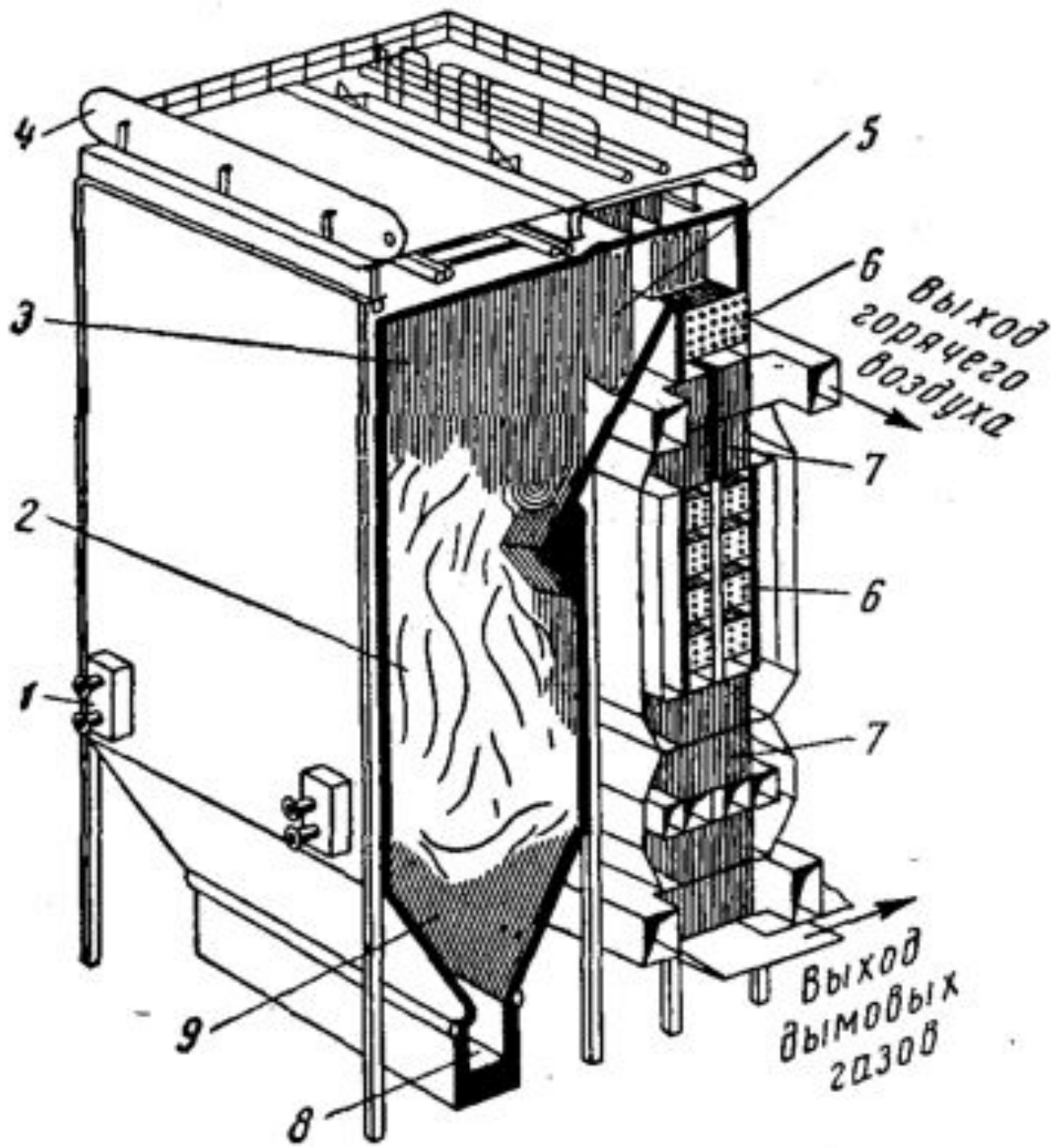


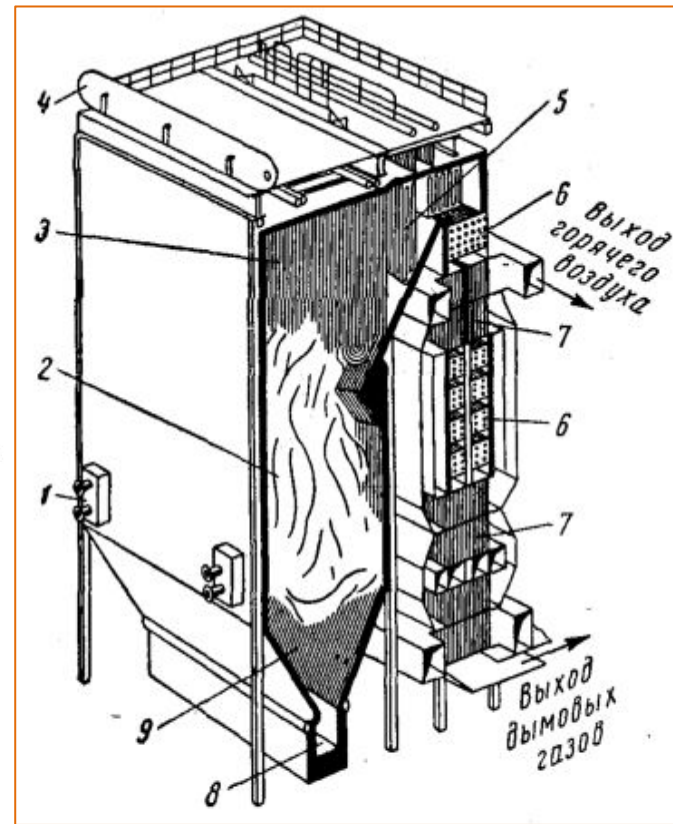
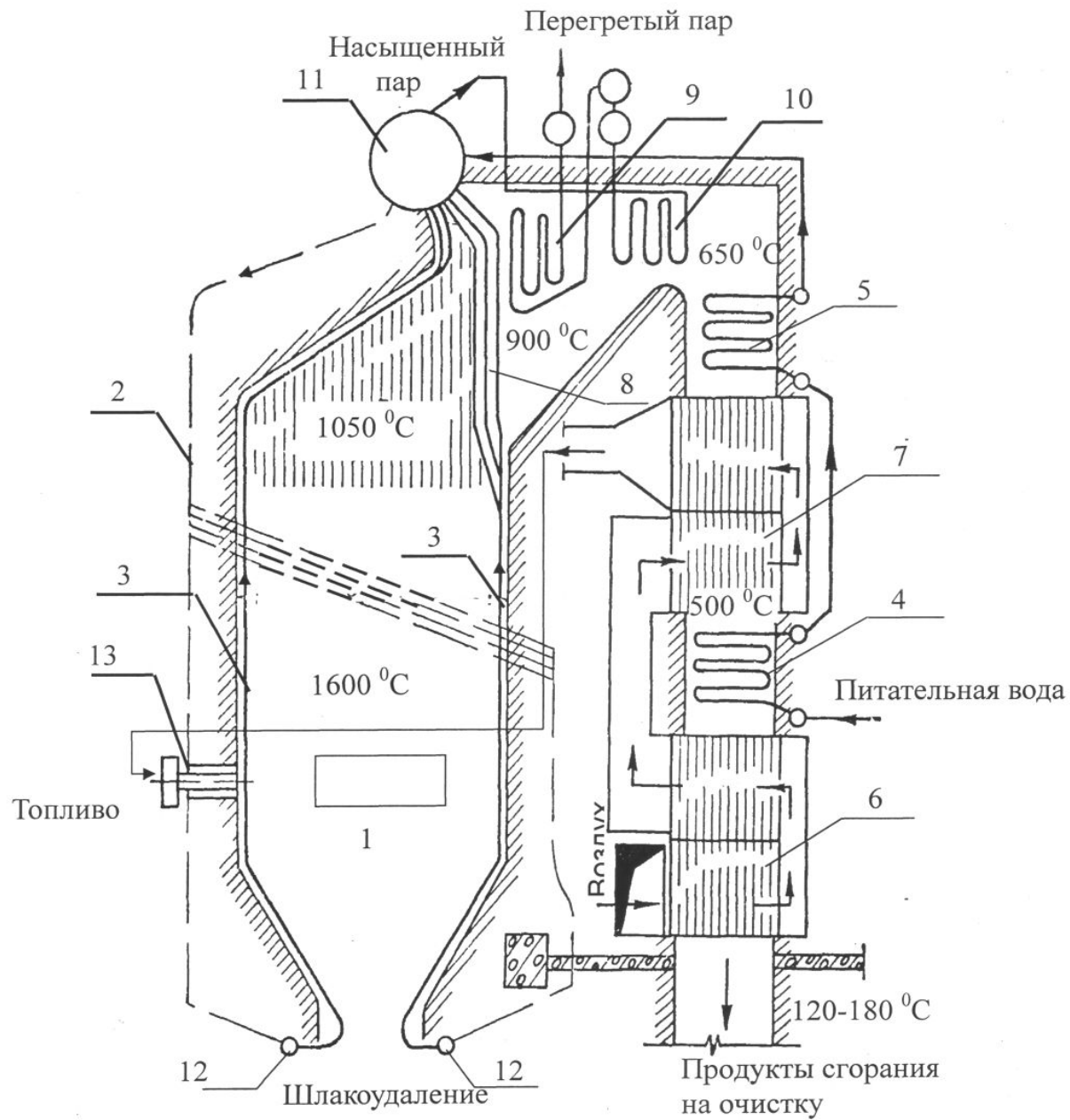


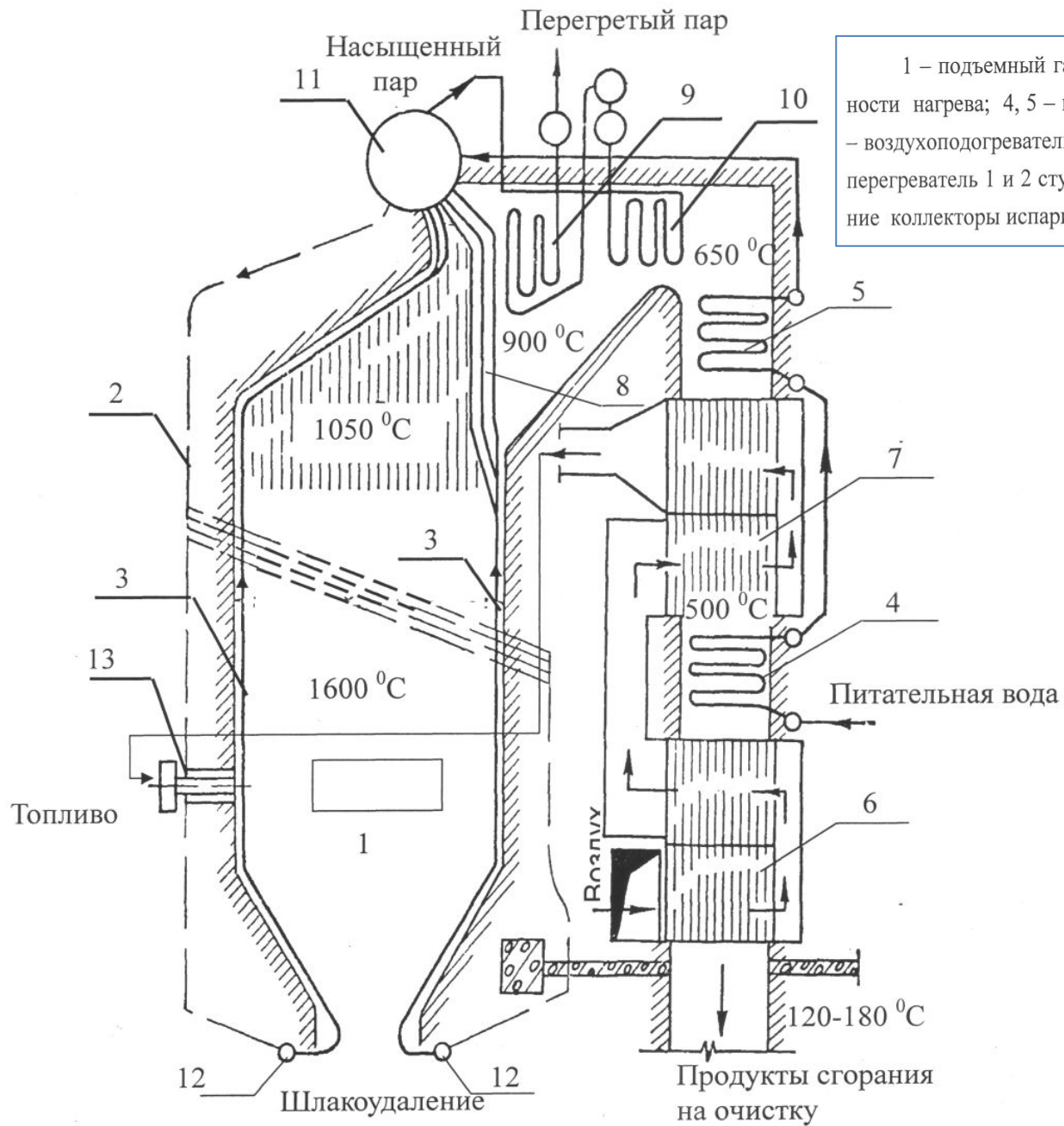






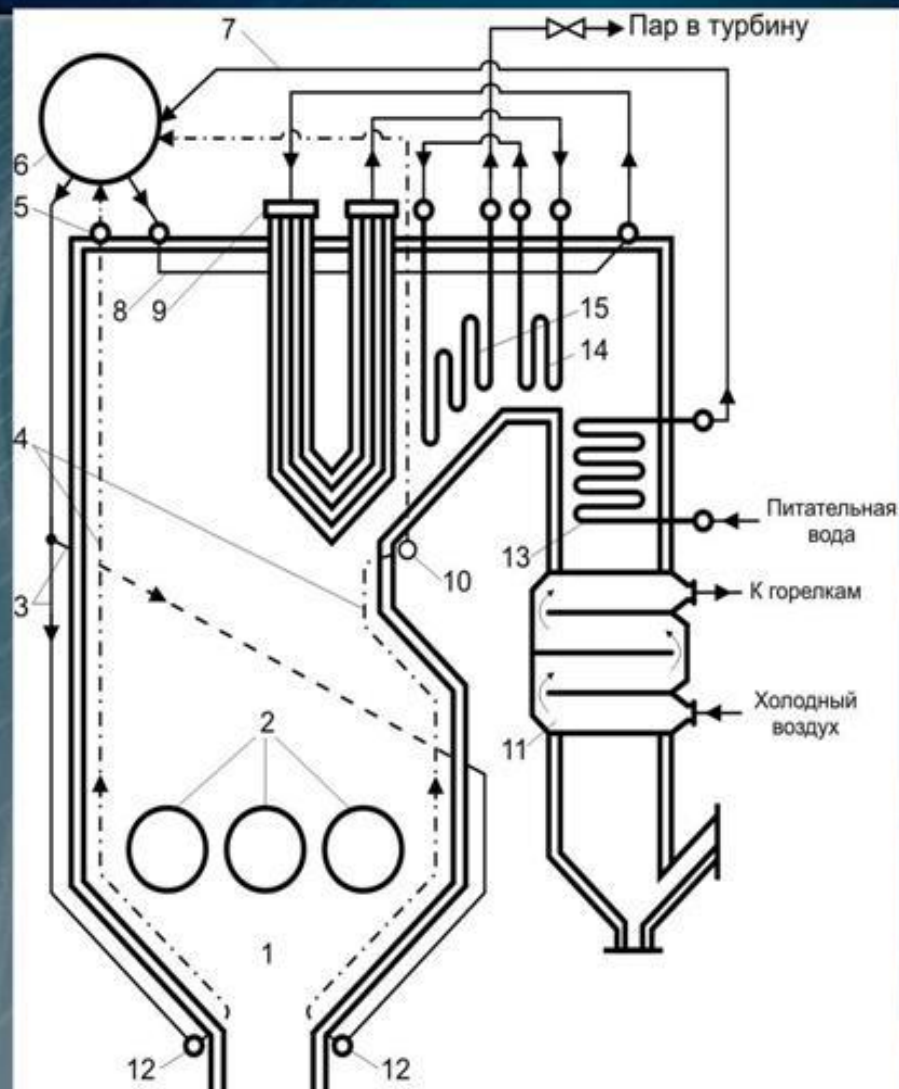




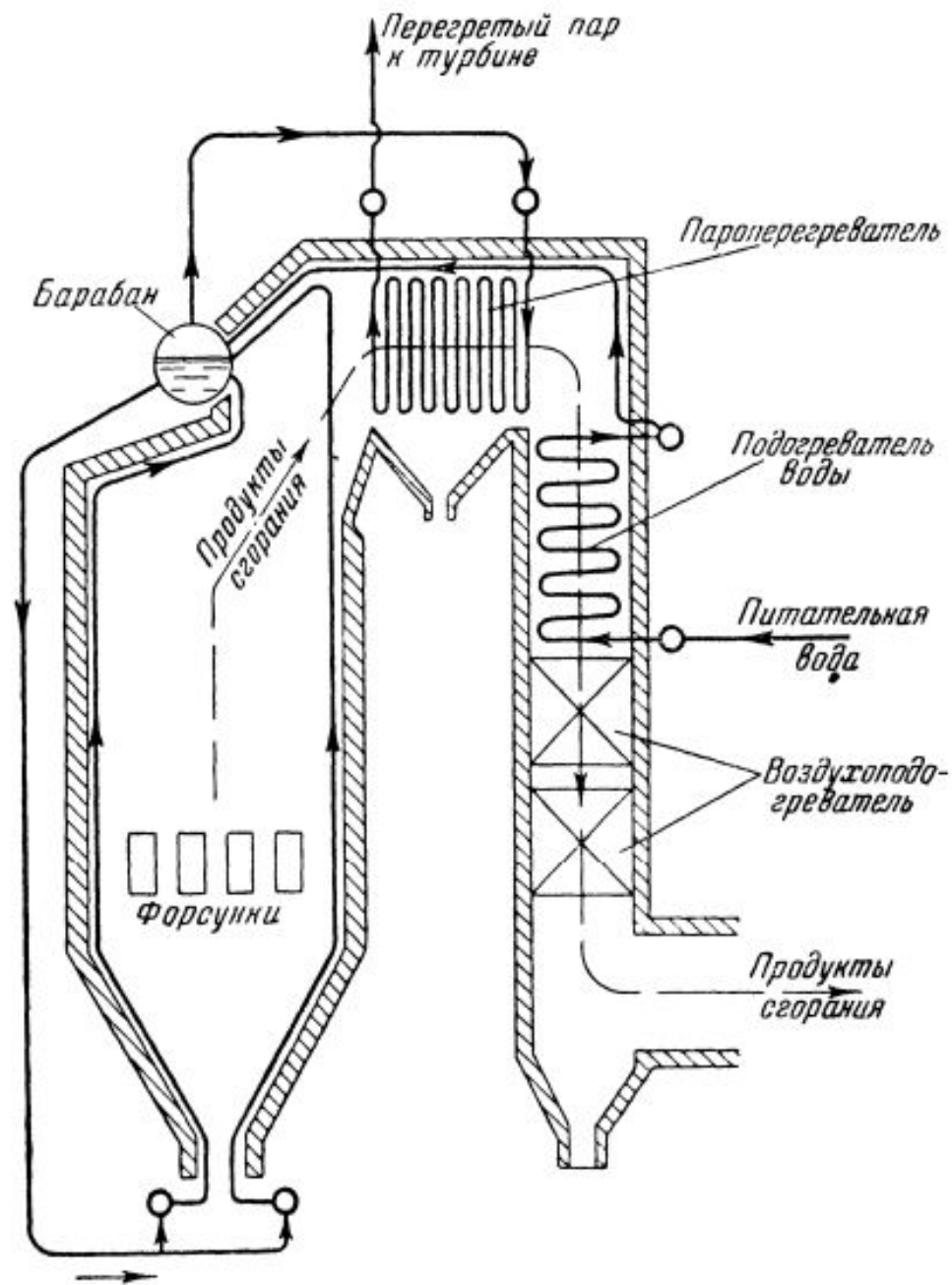


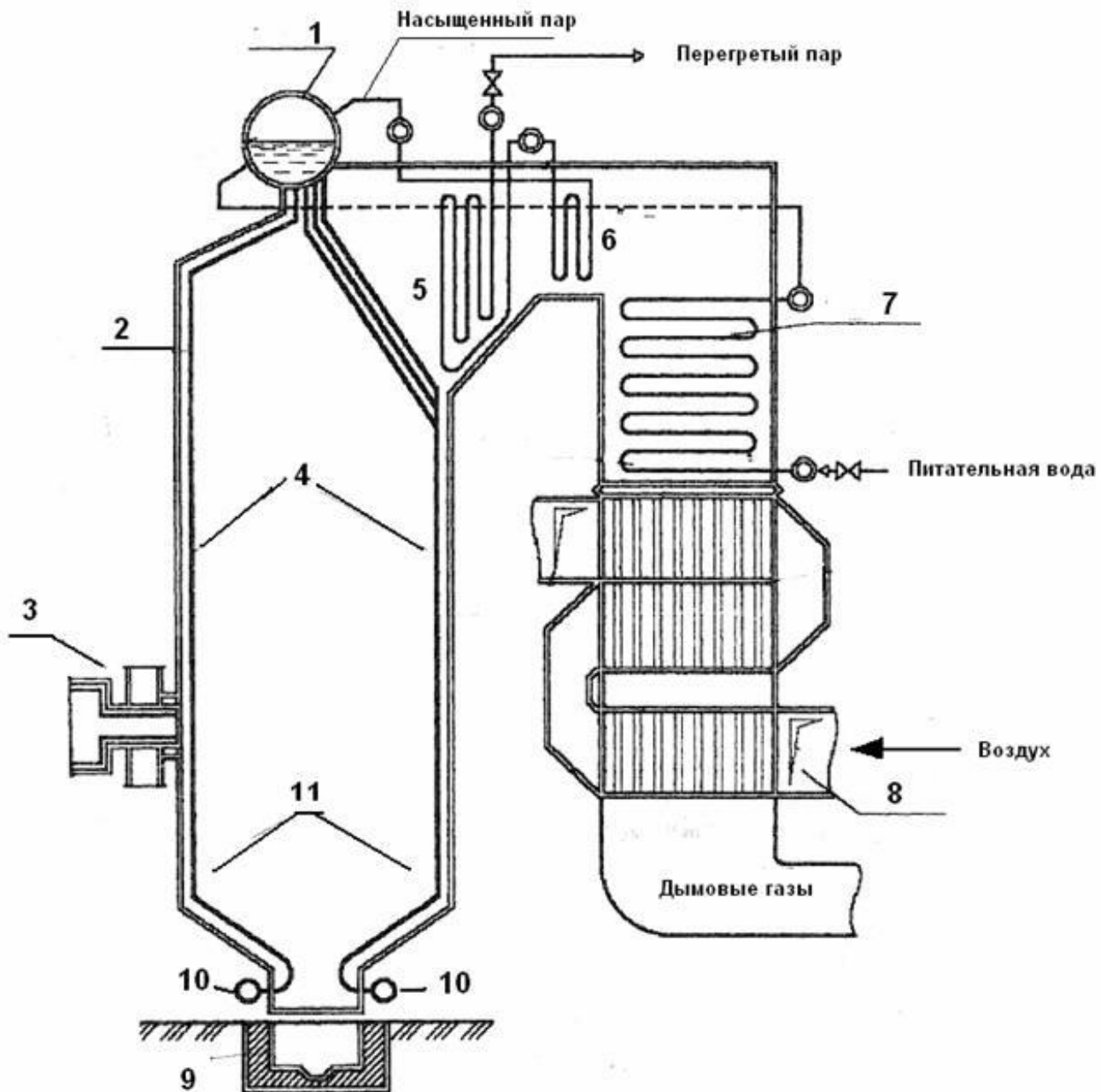
1 – подъемный газоход; 2 – опускные трубы; 3 – испарительные поверхности нагрева; 4, 5 – водяной экономайзер 1 и 2 ступень соответственно; 6, 7 – воздухоподогреватель 1 и 2 ступень соответственно; 8 – фестон; 9, 10 – пароперегреватель 1 и 2 ступень соответственно; 11 – барабан-сепаратор; 12 – нижние коллекторы испарительных поверхностей; 13 – горелки.

Принципиальная схема барабанного парового котла с естественной циркуляцией

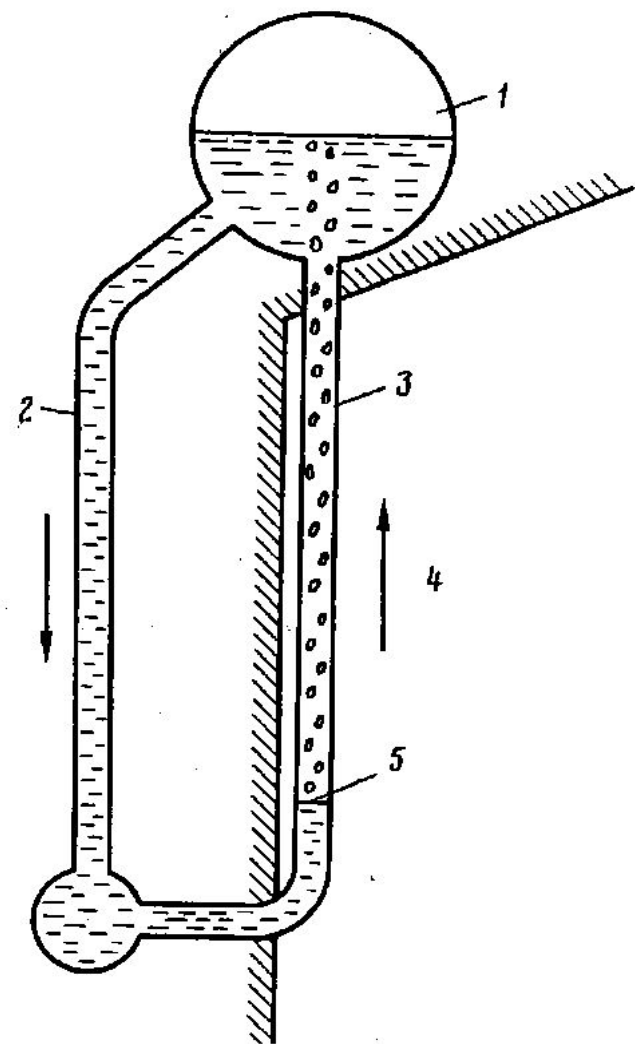
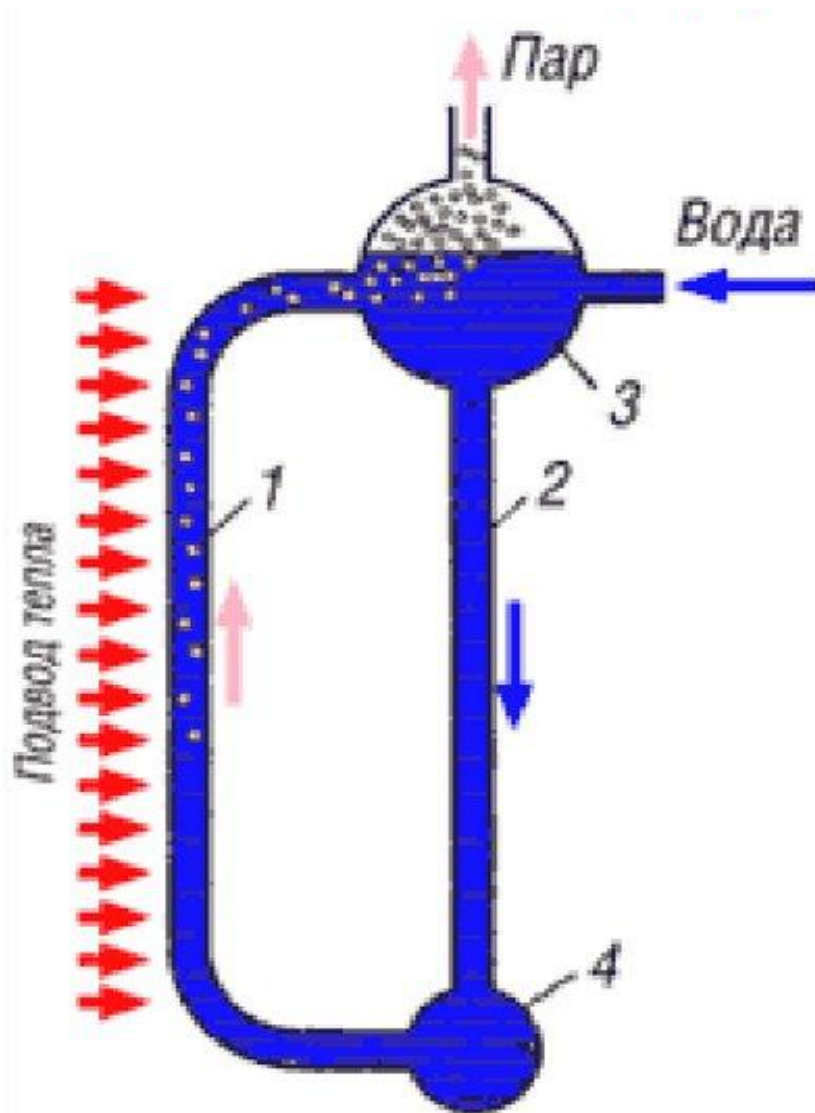


- 1 – топочная камера;
- 2 – горелки;
- 3 – опускные трубы;
- 4 – топочные экраны;
- 5 – верхние коллектора;
- 6 – барабан;
- 7 – отводящие трубы;
- 8 – радиационный потолочный пароперегреватель;
- 9 – ширмовый пароперегреватель;
- 10 – верхний коллектор заднего экрана;
- 11 – воздухоподогреватель;
- 12 – нижние коллекторы топочных экранов;
- 13 – экономайзер;
- 14 – первая по ходу пара ступени конвективного пароперегревателя
- 15 – вторая по ходу пара ступени конвективного пароперегревателя

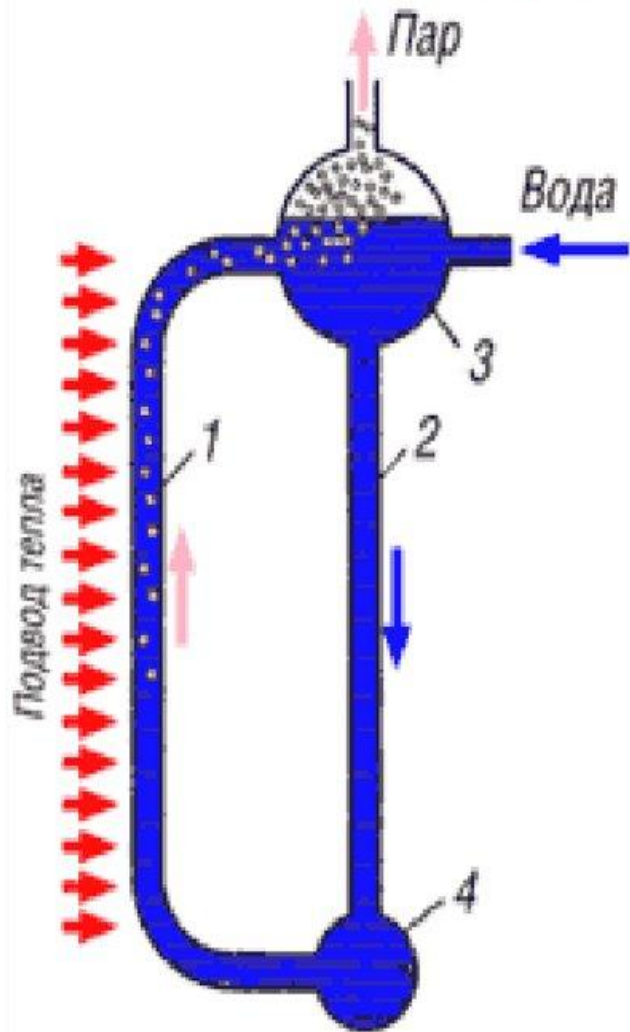




Принцип естественной циркуляции



Естественная циркуляция в барабанном паровом котле

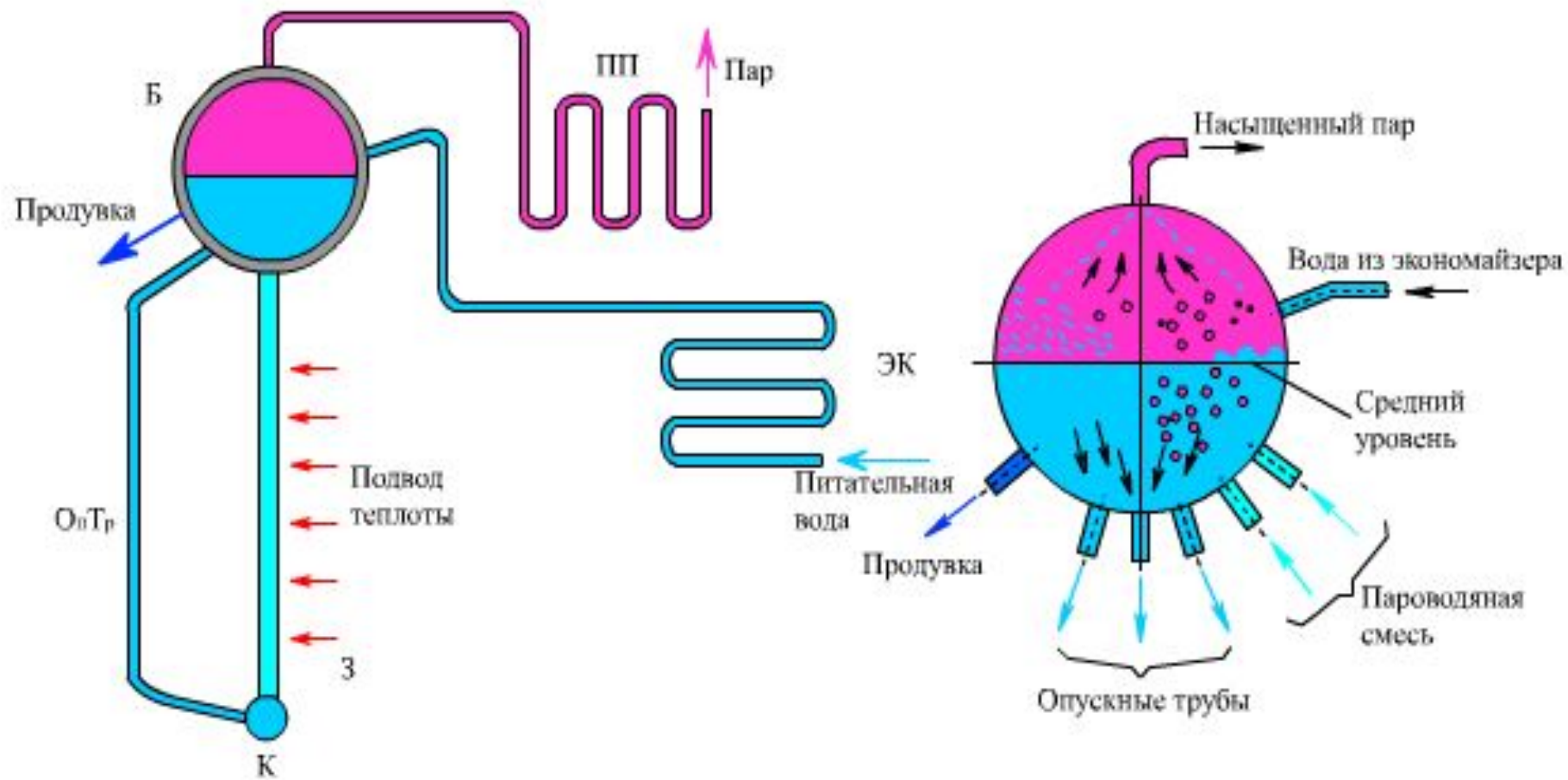


Замкнутый циркуляционный контур состоит из **барабана 3** и **коллектора 4**, соединенных между собой **подъемной 1** и **опускной 2** трубами.

При подводе теплоты к подъемной трубе вода в ней частично испаряется и образуется пароводяная смесь, плотность которой значительно меньше плотности воды в необогреваемой опускной трубе.

В результате этого в замкнутом контуре создается напор, благодаря которому вода и пароводяная смесь приходят в движение: вода движется вниз к коллектору, а смесь - вверх в барабан, где пар отделяется от воды.

В котлах большей мощности используется **принудительная циркуляция** воды с помощью специальных насосов.



NATURAL CIRCULATION

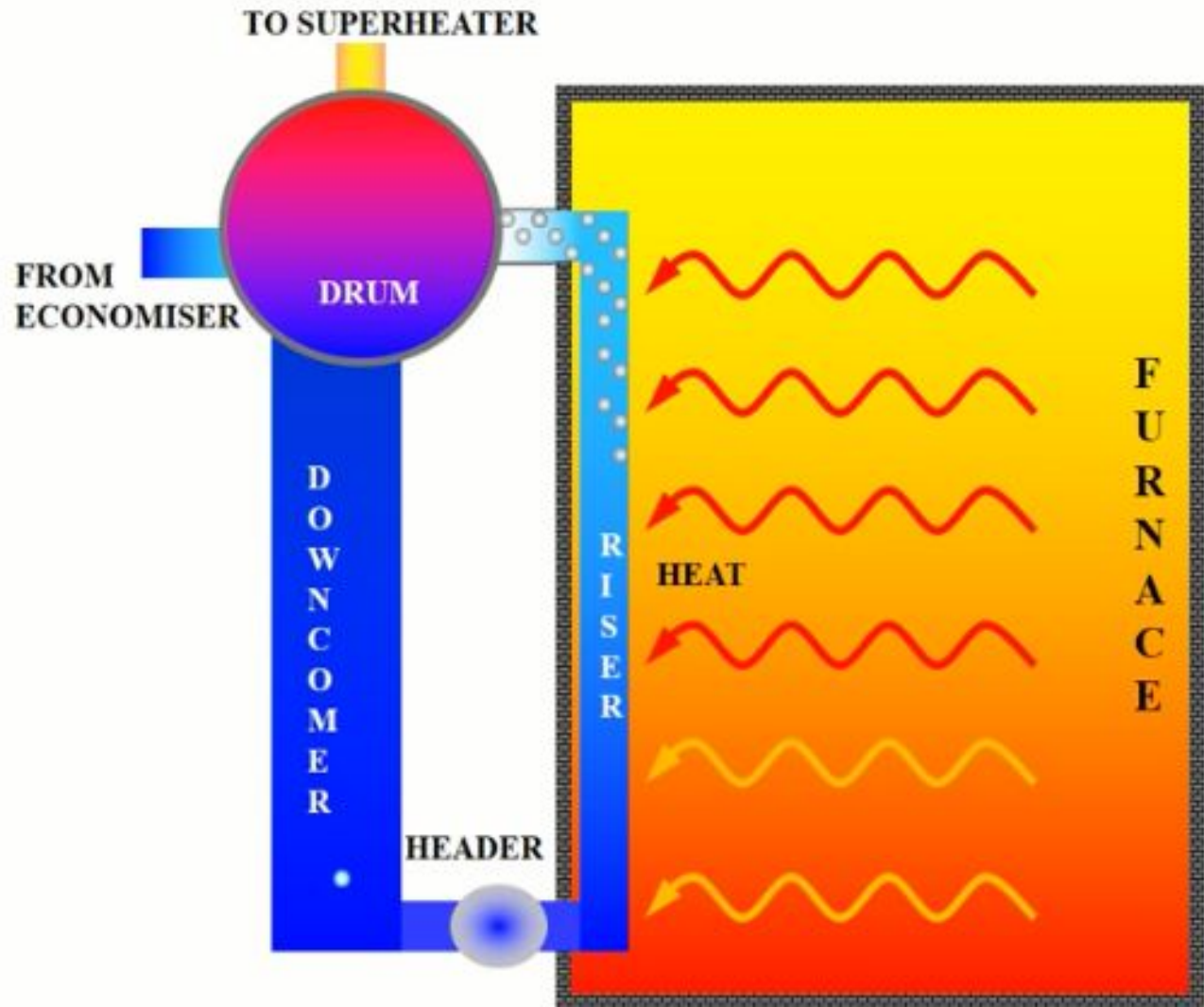
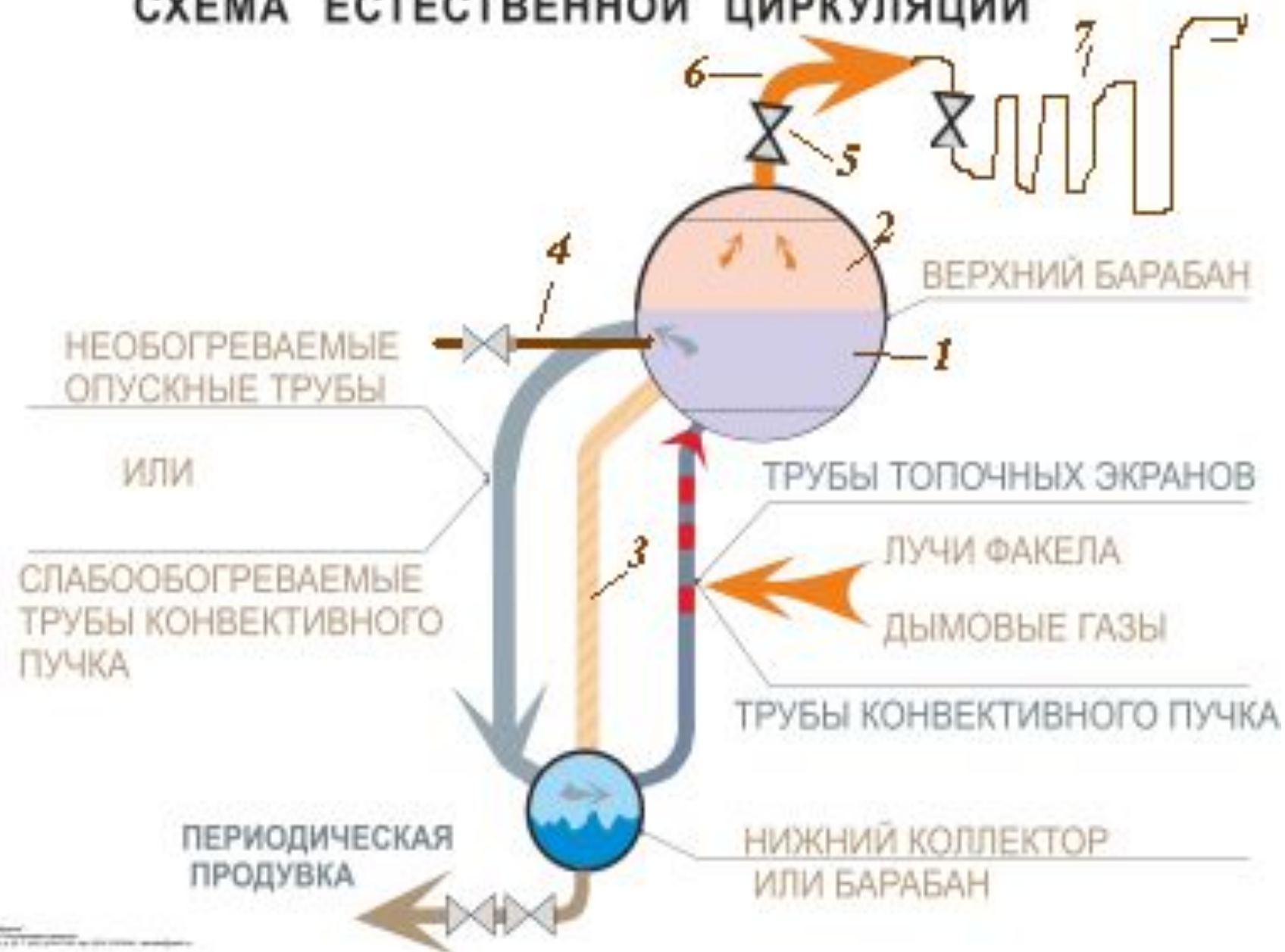
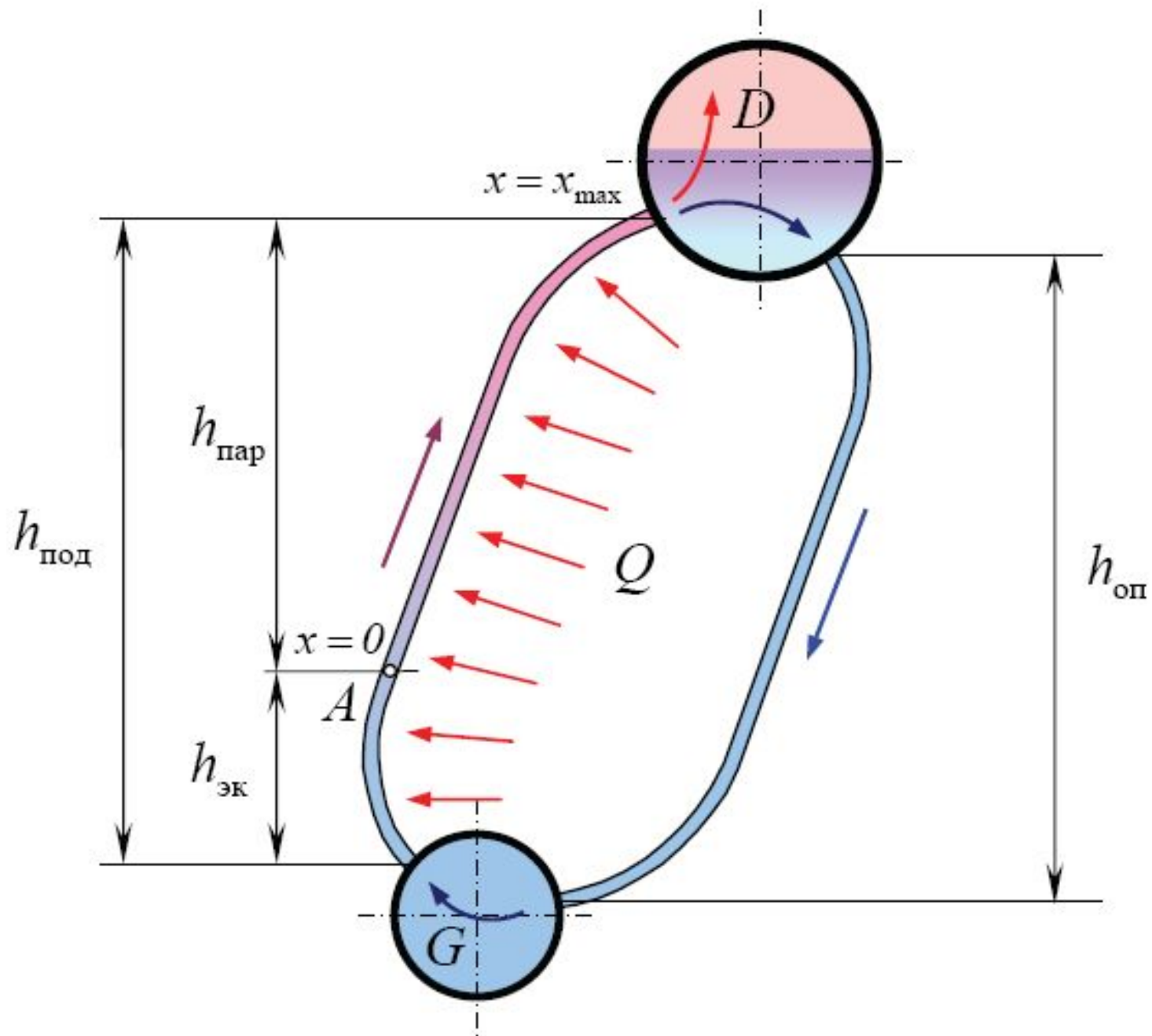


СХЕМА ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ





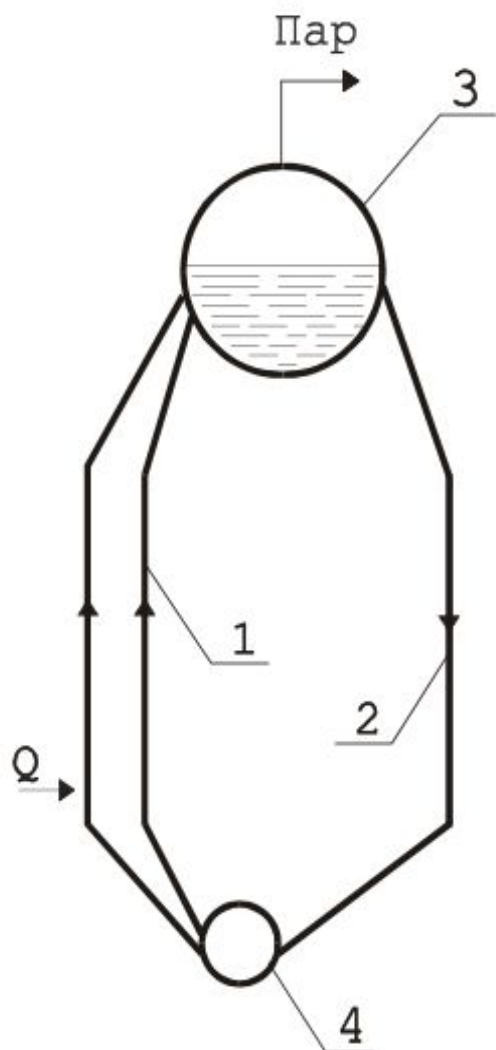


Схема естественной циркуляции

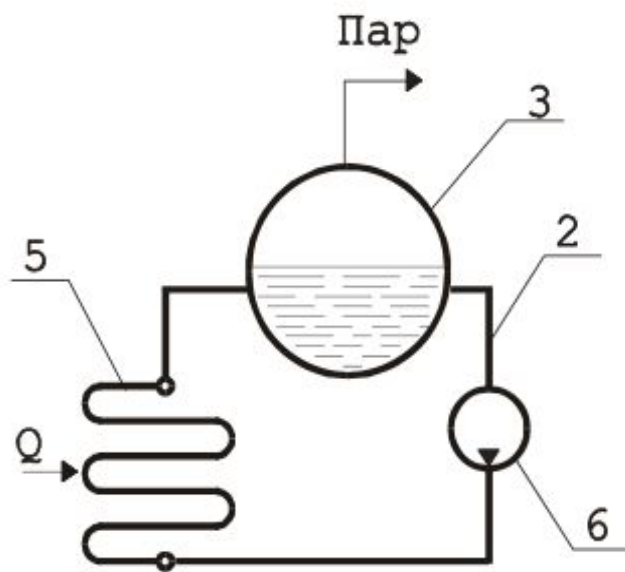


Схема принудительной циркуляции

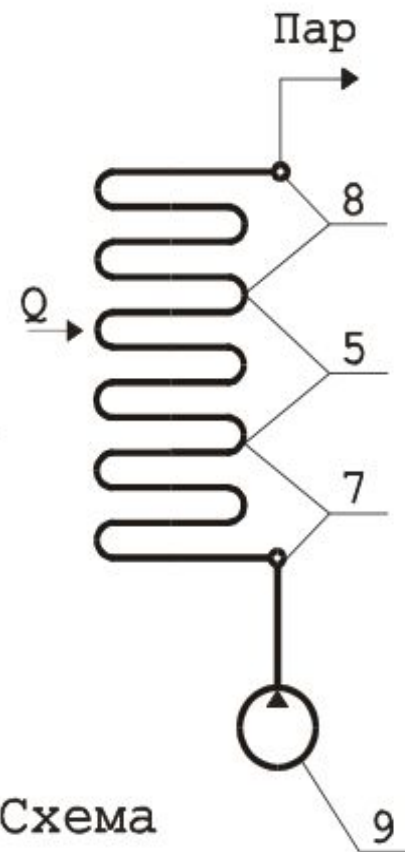
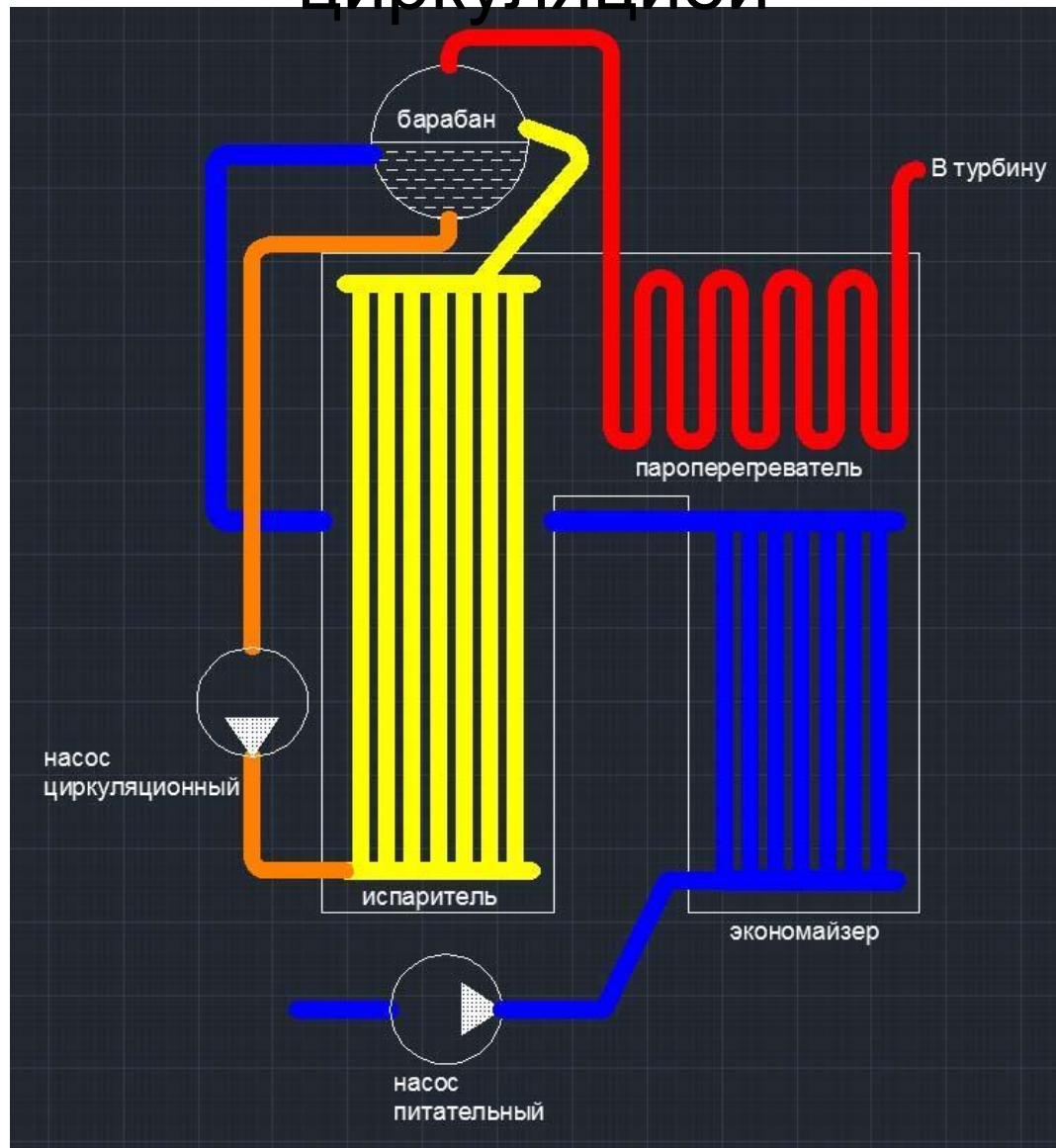
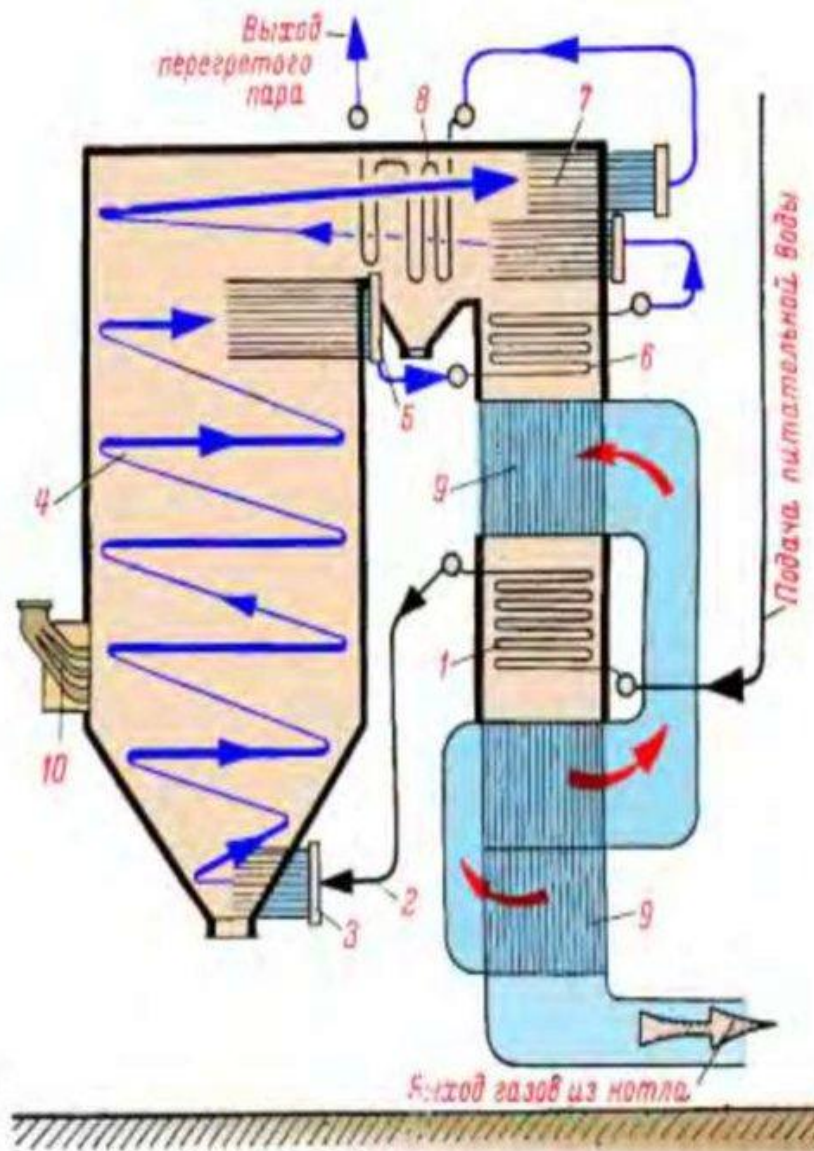


Схема прямоточного движения

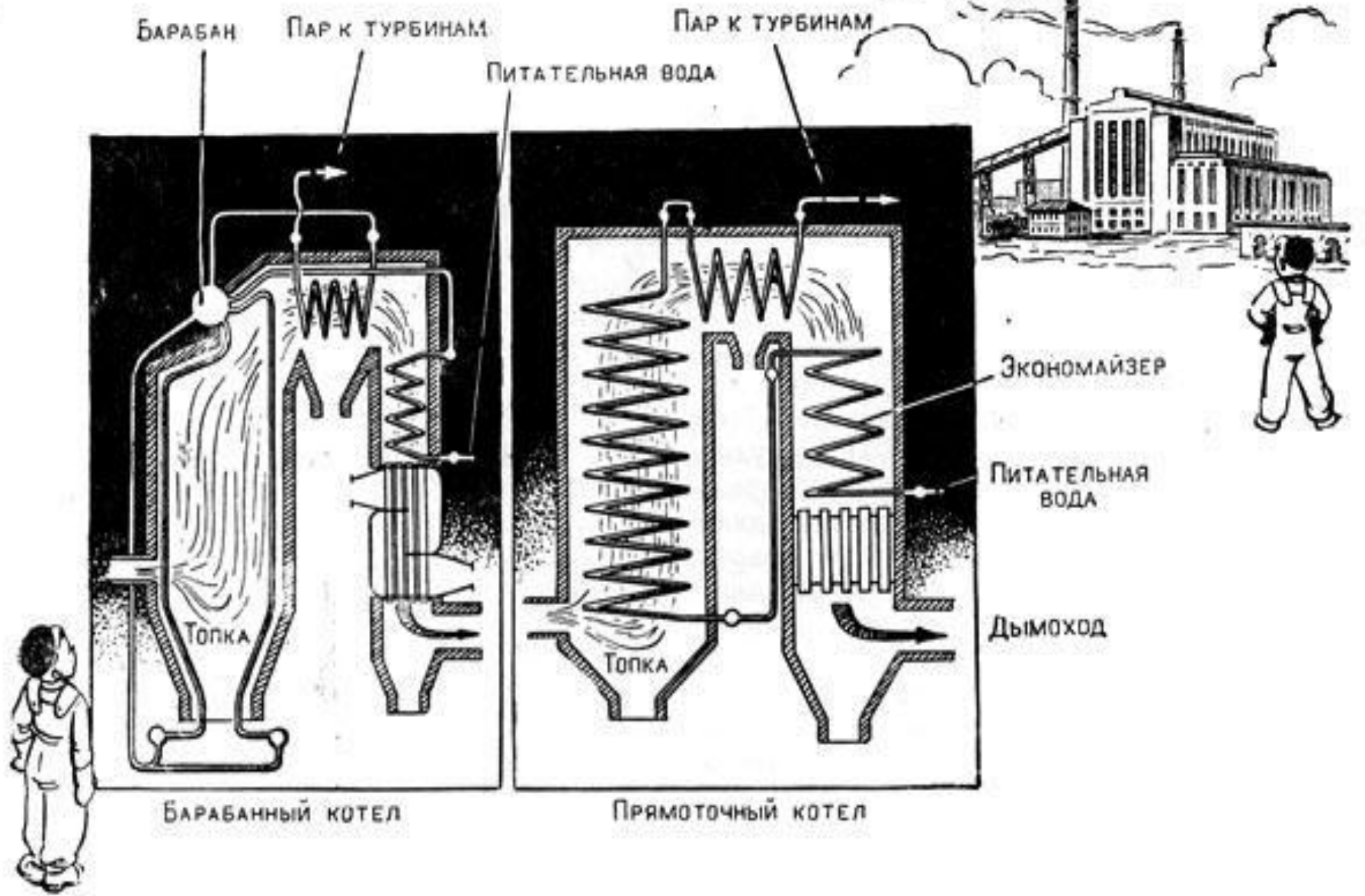
Барабанный котёл с вынужденной циркуляцией



Прямоточный котел Рамзина



1 - экономайзер; 2 - перепускные необогреваемые трубы; 3 - нижняя экранная камера; 4 - экранные трубы; 5 - верхняя экранная камера; 6 - переходная зона; 7 - настенная часть пароперегревателя; 8 - конвективная часть пароперегревателя; 9 - воздухоподогреватель; 10 - горелки.



Маркировка паровых котлов

E – 420 – 140 ГМ

ГМ – газомазутный
Г – газ
М – мазут
Ж – с жидким
шлакоудалением
В – вихревая топка
Ц – циклонная топка
Р – решетка
Н – наддув
...

Паропроизводительность, т/ч

П – прямоточный
Е – с естественной циркуляцией
Пр – с принудительной циркуляцией
Пп – прямоточный
с промежуточным перегревом
Еп – с естественной циркуляцией и
с промежуточным перегревом

Давление пара, кгс/см²

Экранные трубы



AKWIZ.NET





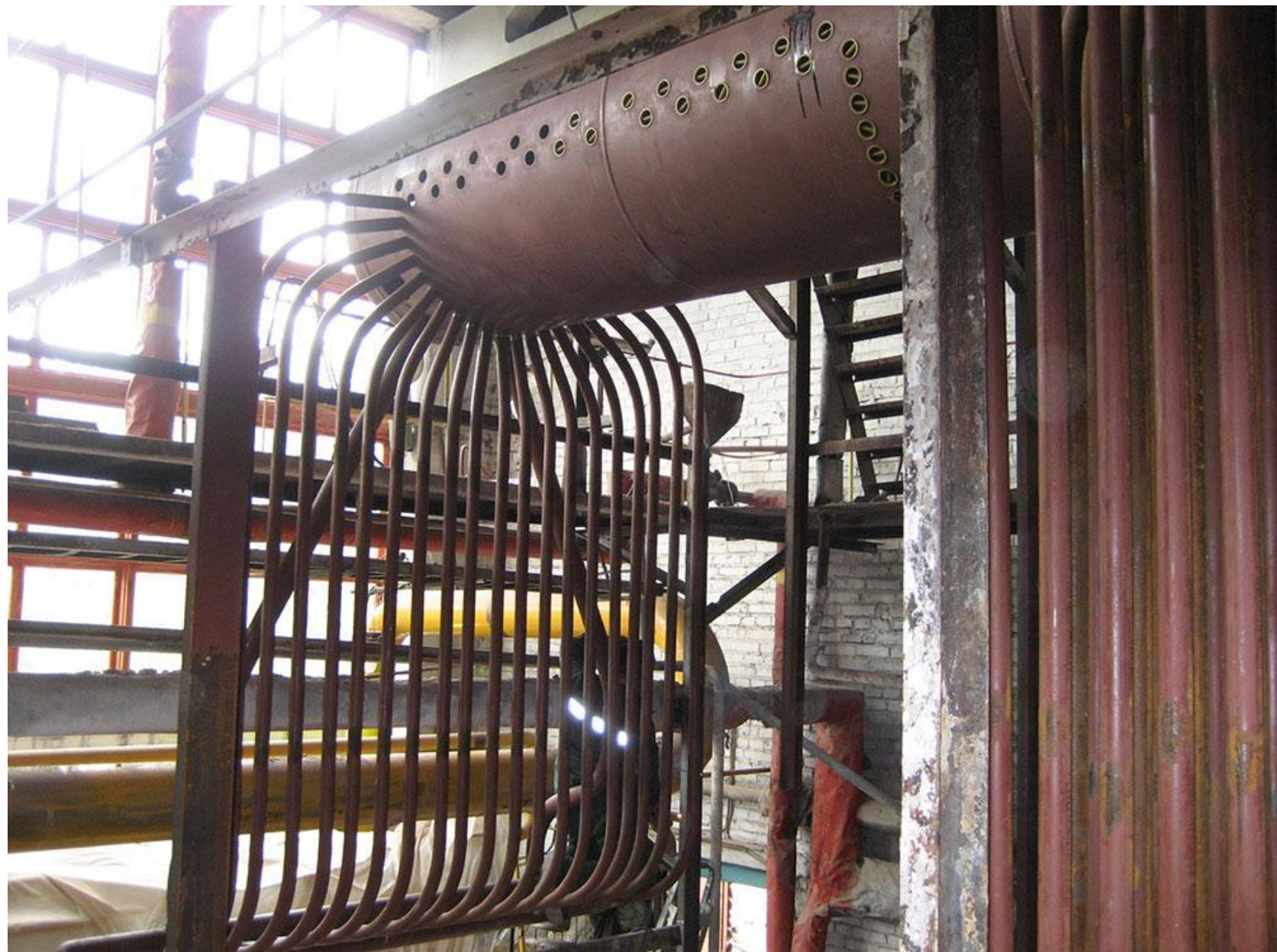





Барабан









**Котельный
пучок**

18/12/2013



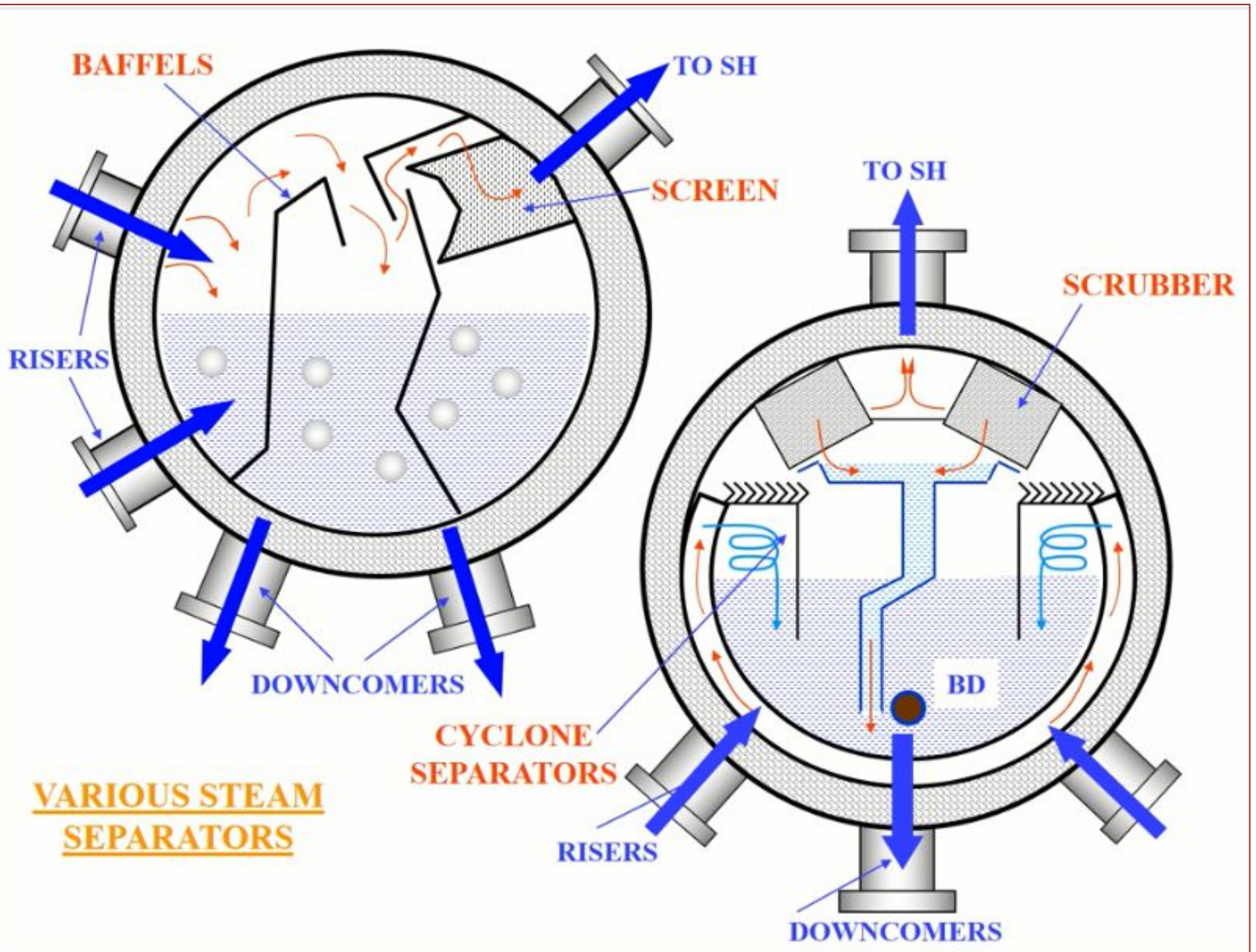




ГРУППА КОМПАНИЙ

ГАРАНТ

ЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ОБРУДОВАНИЯ

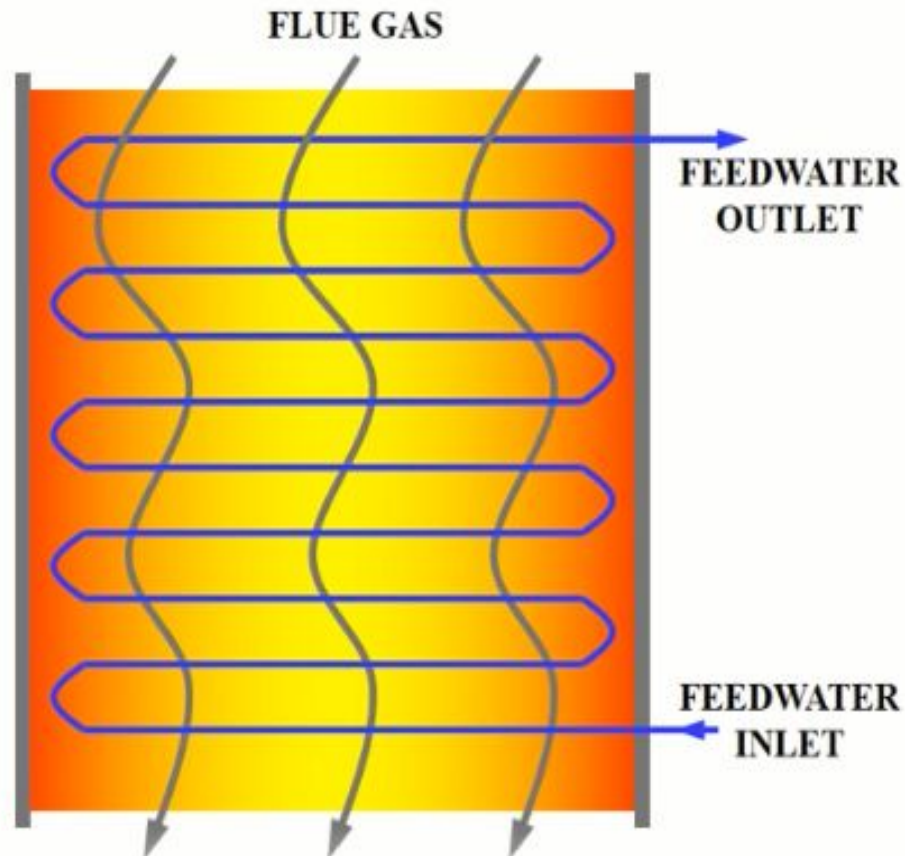


Конвективный пароперегреватель

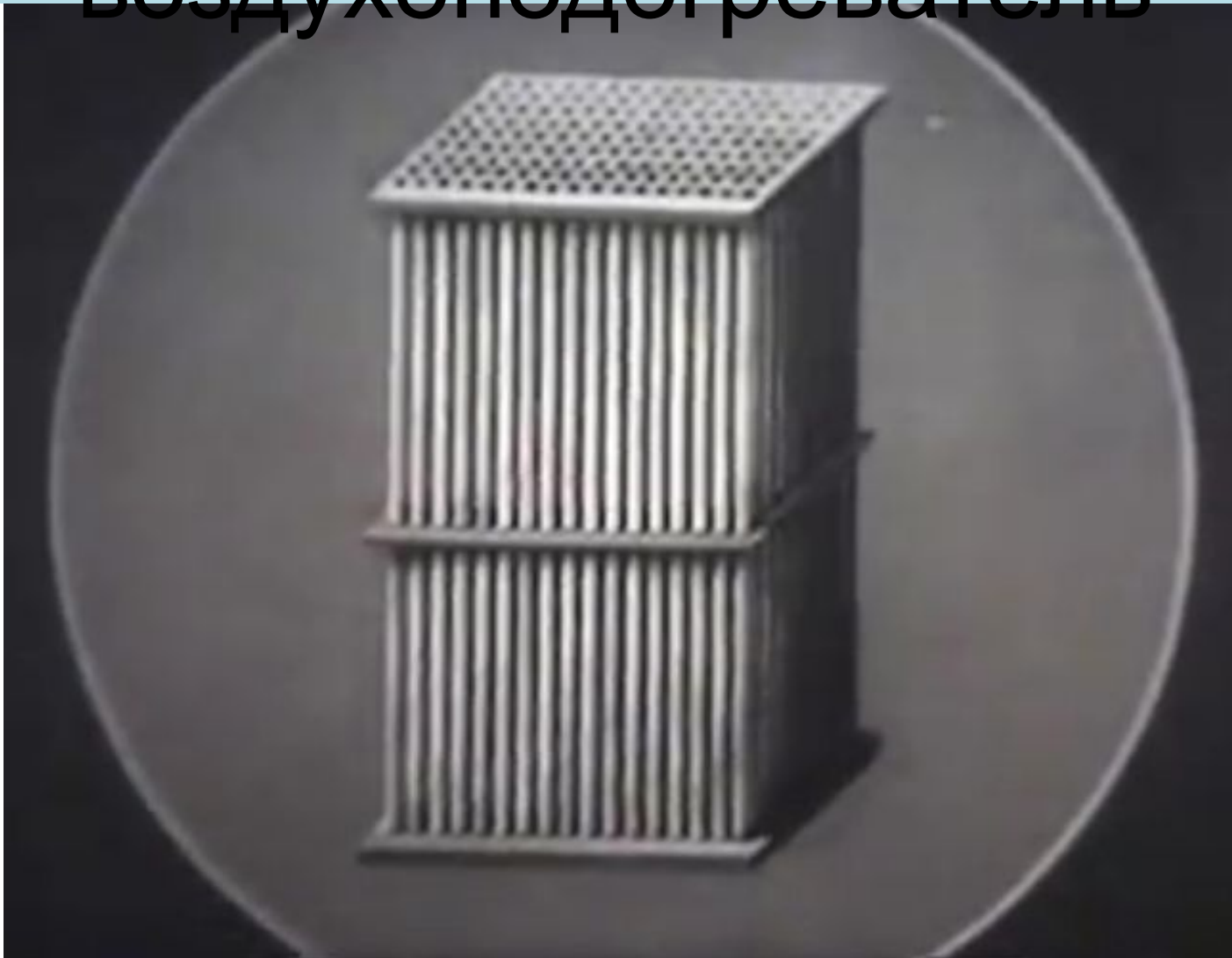


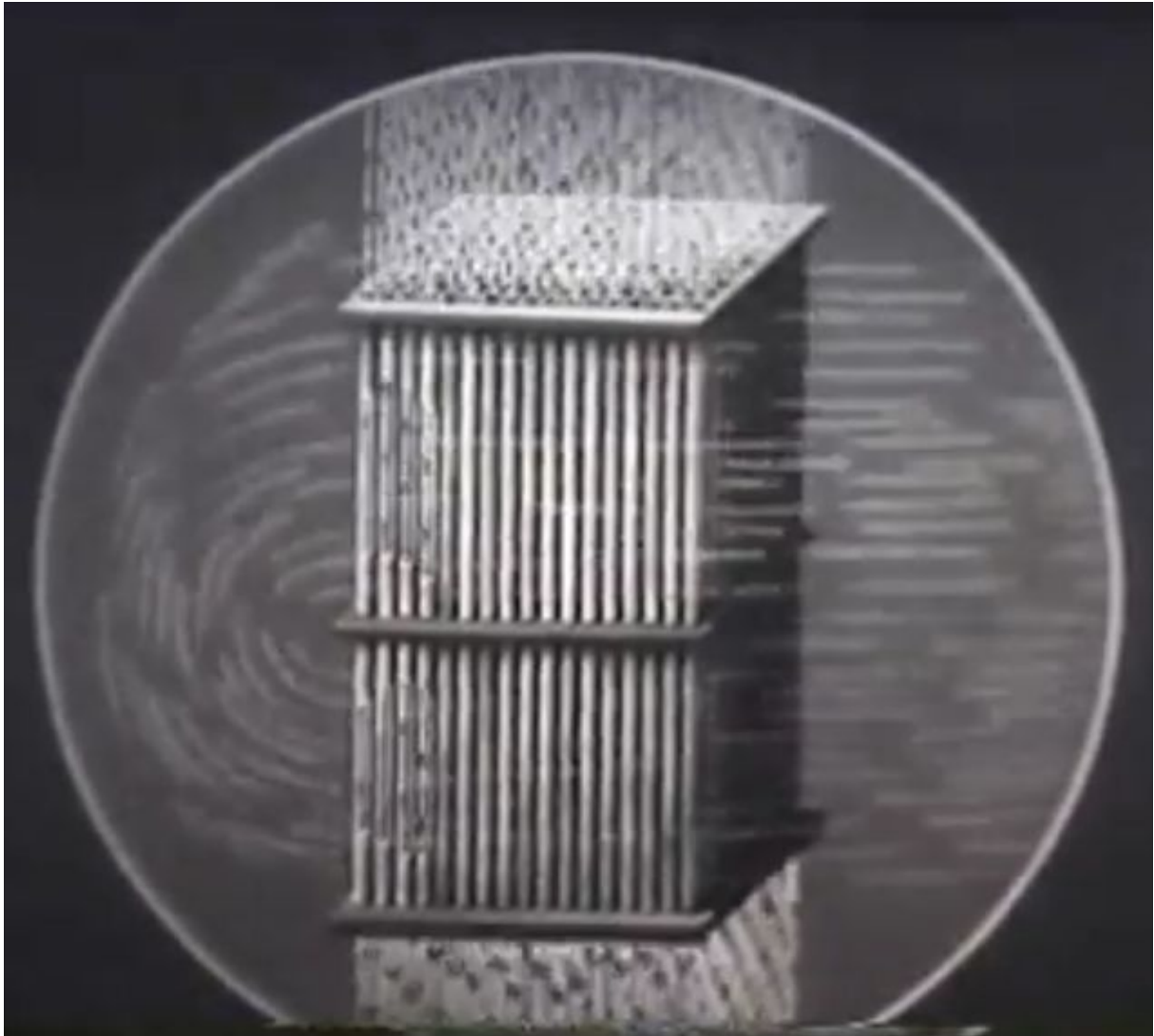
ECONOMISER

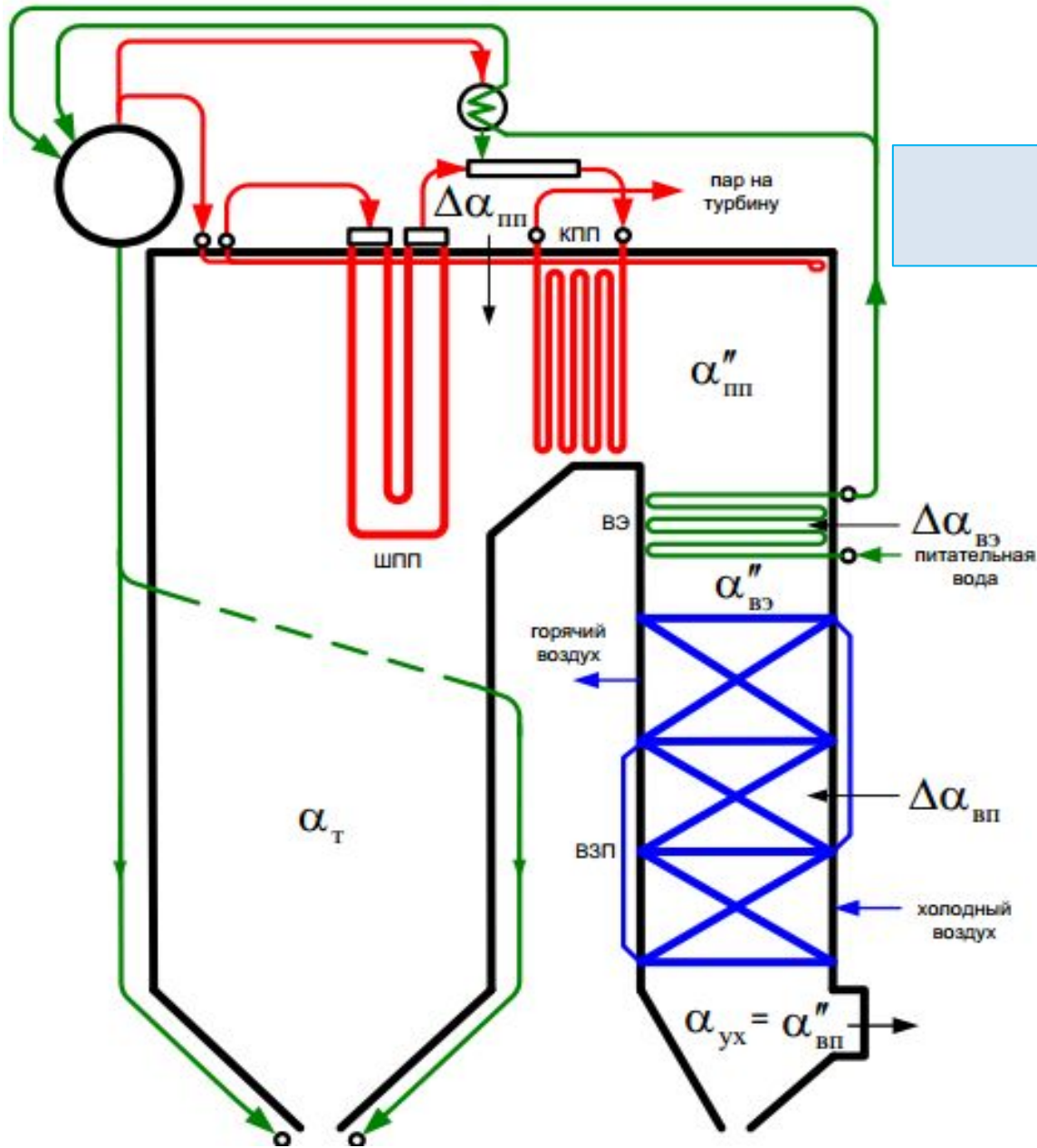
THIS IS A HEAT EXCHANGER WHICH USES THE FLUE GAS LEAVING THE FURNACE AND HEATS THE FEEDWATER AFTER THE FEEDWATER HEATERS HAVE HEATED IT. IN TGS, THE TEMPERATURE IS RAISED TO 300°C SATURATED WATER.



Трубчатый воздухоподогреватель







Присосы воздуха

1 кг угля

0,05 м²

30 мм



0,03 мм

5 м²

50 м²

активная поверхность ↑ в 1000 раз

